

The running moulding belt in an installation for casting continuous metal ingots, is cooled and guided by directing a cooling fluid through a large number of nozzles towards the face of the belt turned away from the casting chamber.

The jets, under high pressure, open into separate dishes, the rims of which are turned towards the belt, and the flow is adjusted so that the coolant fills the dishes and the space between them and the belt completely. The cooling fluid then flows between the rims of the dishes and the belt to be drained off at low pressure. The outlet cross-section from each dish is determined by spacing between the moulding belt and the rim of the dish.

In each dish therefore, a hydrostatic pressure acting on the belt is developed, the degree of which depends upon the spacing mentioned. This pressure together with the low pressure prevailing outside the dishes maintains the moulding belt automatically at a practically constant spacing from the rim of each dish. The moulding belt is thus held in the zone of the casting chamber without being retarded and at the same time is guided positively.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 382 297

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

A1

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 78 04281

(54) Procédé de refroidissement et de guidage d'une bande de coulée à mouvement circulaire dans un dispositif de coulée continue à plaques métalliques.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). B 22 D 11/06.

(22) Date de dépôt ..... 15 février 1978, à 15 h 32 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Demandes de brevets déposées en République Fédérale d'Allemagne le 4 mars 1977, n. P 27 09 540.5, le 29 juin 1977, n. P 27 29 339.6 n. P 27 29 425.3 et n. P 27 29 431.1 au nom de la demanderesse.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 39 du 29-9-1978.

(71) Déposant : Société dite : LAREX AG., résidant en Suisse.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Faber.

- 1 -

Diverses installations de coulée sont connues par lesquelles il est possible de couler en continu des bandes de métal - appelées "plaques" par la suite - soit de métaux légers, soit de métaux lourds.

- 5 Dans l'un des genres de dispositifs de coulée continue connus, la zone de coulée est constituée de deux bandes métalliques flexibles sans fin à mouvement circulaire - appelées "bandes de coulée" par la suite. Le métal en fusion est coulé en continu entre ces deux bandes et se solidifie. La surface de la bande opposée à celle en contact
- 10 avec le métal en fusion - appelée "verso de la bande" par la suite - est refroidie à l'aide d'un liquide de refroidissement, afin d'éliminer la chaleur du matériau fondu en train de se solidifier et de se refroidir. Des dispositifs
- 15 de coulée de ce genre permettent en général de procéder à la coulée continue de plaques de toutes largeurs et d'une épaisseur de 10 à 100 mm.

- A cet effet, le liquide de refroidissement est giclé à grande vitesse contre le verso de la bande de coulée à
- 20 l'aide de buses spéciales et de déflecteurs. Une installation de ce genre est par exemple décrite dans le brevet U.S. 2 904 860.

- La zone de coulée est fermée sur toute sa longueur et de chaque côté par des parois latérales disposées entre
- 25 les bandes de coulée, et dont la hauteur correspond à la distance entre ces deux bandes. Cette hauteur détermine l'épaisseur de la plaque à couler. On utilise de préférence des parois latérales se déplaçant à la même vitesse que les bandes de coulée et disposées sur l'une d'elles
- 30 qui l'entraîne par adhésion dans le mouvement circulaire. A cet effet, les parois latérales consistent en petits blocs de métal ou de céramique reliés entre eux par des articulations et constituant une chenille fermée sans fin, dont la longueur à l'état développé est quelque peu plus
- 35 grande que celle d'une bande de coulée. Un guidage latéral

dans la zone de coulée assure le maintien de la distance entre les deux parois latérales. La largeur de la plaque est donnée par cette distance. En modifiant la position des parois latérales, il est possible de produire des plaques de différentes largeurs.

En fonction du matériau et de l'épaisseur de la plaque à couler, on peut travailler avec des vitesses de 1 à 10 m/min.

Dans les dispositifs de coulée connus, les bandes de coulée présentent des épaisseurs de 0,5 à 2 mm. Selon la température du matériau à couler et selon l'effet de refroidissement désiré, les bandes de coulée peuvent être munies sur le côté en contact avec le matériau à couler d'une couche de peinture calorifugeante, afin d'éviter une surcharge thermique excessive de la bande de coulée, ou afin de parer à un refroidissement trop abrupt de la plaque.

Chacune des deux bandes de coulée est guidée par deux ou plusieurs tambours de renvoi, dont l'un se trouve avant et l'autre après la zone de coulée et dont l'un au moins est entraîné afin de mouvoir la bande de coulée à la vitesse de coulée désirée. L'un des tambours est réglable à l'aide d'un dispositif connu et permet de tendre la bande de coulée, respectivement de la détendre pour la changer.

De plus, l'un des tambours sert à assurer le guidage latéral et se trouve être équipé à cet effet d'un système de régulation de genre connu.

Dans la zone de coulée, les bandes de coulée sont supportées par un grand nombre de disques rotatifs étroits sur leur verso. Ces disques présentent un profil conçu de telle façon qu'ils n'opposent qu'une très faible résistance au liquide de refroidissement coulant sur les bandes de coulée. Ces disques ont pour tâche de supporter le poids du matériau coulé, des pressions métallostatiques éventuelles ainsi que de s'opposer à des contraintes de

- 3 -

gauchissement et de voilement des bandes de coulée qui ont tendance à se gondoler.

Le dispositif de coulée est monté sur un bâti séparé qui permet l'ajustage et le positionnement nécessaire pour la fabrication de plaques d'épaisseur et de largeur voulue. Sur l'un de ses côtés, la forme de ce bâti permet d'accéder librement au dispositif de coulée ainsi que de changer sans encombres les bandes de coulée.

Du côté sortie de l'installation de coulée, on trouve des rouleaux entraînés qui saisissent la plaque coulée et qui la conduisent à la vitesse appropriée aux opérations subséquentes.

Une installation de refroidissement est prévue avec tous les éléments qu'elle doit comporter, tels que citerne de liquide de refroidissement, réseau de conduites, pompes, refroidisseur de retour, filtres, instrumentation de régulation et de sécurité, afin que le liquide de refroidissement remplisse les conditions de service chimiques et physiques requises et qu'il circule en quantité suffisante au travers du dispositif de coulée pour le refroidissement de la bande de coulée. Selon les conditions locales, on utilise soit des circuits ouverts, soit des circuits fermés. En général, le liquide de refroidissement est de l'eau ou une émulsion d'huile et d'eau.

L'expérience montre que l'évitement du gauchissement et du voilement de la bande de coulée et par conséquent le refroidissement régulier du matériau à couler sont des problèmes très ardu.

De par le fait qu'une bande de coulée peut bel et bien être tendue dans le sens de marche, mais non pas dans le sens travers, elle présente toujours la tendance à se gondoler dans la zone de coulée par suite des contraintes thermiques. Il en résulte l'inconvénient que la bande de coulée se sépare par endroit du matériau coulé, si bien que le refroidissement s'opère de façon irrégulière sur les

- 4 -

deux côtés et sur la largeur de la plaque. L'expérience montre qu'il en résulte des défauts de qualité dans la plaque qui se présentent selon l'alliage et les propriétés du matériau sous forme de ségrégations superficielles, de porosités, de gros grains, de fissures ou de variations d'épaisseur.

Les défauts mentionnés peuvent être évités si le refroidissement du matériau coulé s'opère de façon uniforme sur les deux côtés et sur toute la largeur.

10 L'expérience apprend que cette condition n'est réalisable que si le gondolement, qui est un phénomène variable dans le temps, et les inégalités de la bande de coulée ne s'élèvent pas à plus de 0,05 mm pendant et sur tout le trajet de la zone de coulée.

15 Même en utilisant pour la bande de coulée un matériau ayant un coefficient de dilatation thermique de plus faibles - par exemple un alliage fortement allié de Ni ou d'autres éléments, comme on le connaît sous le nom d'INVAR - on n'arrive pas à résoudre le problème de façon satisfaisante. Ceci est dû au fait qu'une bande de coulée d'un dispositif usuel est soumise, en plus des contraintes thermiques, à d'autres contraintes dont il sera encore question plus tard.

25 Il est connu dans la pratique d'utiliser au lieu de bandes de coulée flexibles, une coquille formée de blocs rigides reliés entre eux par des articulations pour former une chenille sans fin. Ces blocs se meuvent dans un système de guidage fermé en même temps que le matériau coulé, ce qui s'obtient par un entraînement approprié. Le 30 refroidissement s'opère dans un espace en dépression par rapport à la pression atmosphérique en aspergeant les blocs à l'aide d'un liquide de refroidissement. A l'aide d'un grand nombre de buses disposées régulièrement, le liquide de refroidissement frappe les blocs et emmène la chaleur 35 reçue par les blocs au contact du matériau coulé

(Brevet suisse No. 456 056).

Le principe du giclage du liquide de refroidissement dans un espace en dépression par rapport à la pression atmosphérique est aussi appliqué pour le refroidissement  
5 des bandes de coulée flexibles (Brevet anglais 1 387 992).  
On utilise alors aussi en lieu et place des disques rotatifs de support, des barres d'appui montées en travers de la bande de coulée. De par la dépression causée par ce  
principe de travail sur la surface de refroidissement de  
10 la bande de coulée, celles-ci sont aspirées contre les appuis. Ces mesures doivent servir à s'opposer à la tension au gondolage des bandes de coulée mentionnée plus haut et doivent améliorer l'effet de refroidissement.

L'expérience montre qu'une direction de coulée inclinée vers le bas est très avantageuse dans beaucoup de  
15 cas pour la qualité des plaques coulées. Afin de pouvoir répondre à toutes les exigences posées par la coulée continue de plaques formées des différents matériaux entrant en ligne de compte, il est indispensable que le dispositif  
20 de coulée puisse être adapté aux différentes conditions, c'est-à-dire qu'il doit être apte à assurer sa fonction dans chaque inclinaison, de l'horizontale jusqu'à la verticale.

Les machines de grande puissance exigent des zones de  
25 coulée qui peuvent dépasser 2 m de longueur. Avec une inclinaison croissante, les pressions métallostatiques dues à la hauteur de la colonne de métal fondu exercent des contraintes relativement élevées sur les bandes de coulée et sur leurs supports.

30 Selon les lois physiques, ces pressions sont, à hauteurs de colonne égales, proportionnelles au poids spécifique du matériau à couler.

Lors de la coulée de métaux lourds, tels que le cuivre, le zinc, l'étain, le plomb, l'acier, etc., la  
35 coulée en direction fortement inclinée en devient extrême-

ment problématique, d'autant plus si une dépression agit sur toute la surface de refroidissement de la bande de coulée. Cette dépression aggrave considérablement les contraintes déjà très élevées causées par le matériau coulé.

- 5 La coulée en direction verticale prend une signification particulière dans la technique de la coulée, car elle assure le meilleur remplissage du moule, une haute pression métallostatique au pied de la colonne de métal en fusion, un refroidissement symétrique par rapport au plan
- 10 médian de la plaque, qui sont, comme on le sait, des facteurs à influence positive sur la qualité de la plaque coulée.

- Lors de l'utilisation de disques de support rotatifs, la surface de contact entre ceux-ci et la bande de coulée
- 15 est forcément extrêmement réduite, ce qui conduit à des pressions spécifiques très élevées qui, en peu de temps, produisent des endommagements sur le verso de la bande de coulée. Sa durée de service s'en trouve sensiblement réduite.

- 20 Les éléments de soutien stationnaires engendrent, malgré les revêtements anti-friction, un frottement considérable avec une usure correspondante des éléments de soutien et des bandes de coulée, d'où résultent des coûts d'exploitation très élevés. Il existe en outre le danger,
- 25 lors de vitesses de frottement relativement faibles, de l'effet de "stick-slip" sur la surface de frottement des éléments de soutien, ce qui peut conduire à des fissures superficielles et autres défauts dans le matériau coulé.

- Tous les systèmes connus de guidage et de support
- 30 des bandes de coulée présentent en outre le défaut que la bande de coulée s'incurve contre l'arrière entre les éléments de soutien dans une mesure inadmissible, sous l'effet du poids et/ou sous l'effet de la pression métallostatique du matériau à couler et/ou sous l'effet de la
- 35 dépression régnant dans l'espace de refroidissement en



- 7 -

combinaison avec d'autres effets éventuels.

La présente invention a pour but de créer un procédé grâce auquel une bande de coulée peut être refroidie sur toute la longueur de la zone de coulée et supportée de telle façon qu'un gondolage ou qu'un voilement soient exclus, grâce auquel un refroidissement régulier est réalisé sur toute la largeur de la plaque, et grâce auquel les défauts et inconvénients des procédés et installations connus sont éliminés. En outre, on présentera un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé, avec lequel des plaques de toutes les largeurs requises par la pratique peuvent être coulées en continu entre deux bandes de coulée flexibles sans fin et à mouvement circulaire.

15 L'objet de l'invention est un procédé pour refroidir et supporter une bande de coulée à mouvement circulaire sur un dispositif de coulée continue de plaques, dans lequel un liquide de refroidissement sous pression est amené contre la surface de la bande de coulée opposée à la zone de coulée par plusieurs ouvertures d'alimentation et évacuées sous basse pression, le procédé étant caractérisé par le fait que le liquide de refroidissement est introduit sur le verso de la bande de coulée à l'aide d'un grand nombre d'alvéoles séparées les uns des autres et dont les bords se trouvent du côté de la bande de coulée, de telle façon que ledit liquide remplisse complètement l'espace entre ceux-ci et la bande de coulée et qu'il s'échappe entre le bord de l'alvéole et la bande de coulée. La section d'évacuation de chaque alvéole est alors déterminée par la distance entre la bande de coulée et le bord de l'alvéole, de telle sorte qu'un champ hydrostatique se forme, dont la grandeur est déterminée par ladite distance, et qui, en concours avec la dépression à l'extérieur des alvéoles, maintient la bande de coulée en mouvement automatiquement à une distance pratiquement constante du bord de chaque alvéole,

25  
30  
35

- 8 -

si bien que la bande de coulée est supportée et guidée hydrostatiquement sans déformation sur l'étendue de la zone de coulée.

Le procédé faisant l'objet de l'invention se distingue essentiellement des procédés connus à ce jour pour le refroidissement et le support de bandes de coulée par le fait que sur la longueur de la zone de coulée, la bande de coulée n'est pas supportée ou guidée par des éléments mécaniques, tels que disques de support rotatifs ou appuis stationnaires, mais au contraire que les forces hydrostatiques produites par le liquide de refroidissement empêchent un voilement ou un gondolage de la bande de coulée, la guident et la maintiennent dans la position requise. A cet effet, le liquide de refroidissement est introduit dans les alvéoles de préférence avec la formation simultanée de turbulence dans ceux-ci, ce qui intensifie le refroidissement de la bande de coulée.

Pour la mise en oeuvre du procédé faisant l'objet de l'invention, on peut utiliser un dispositif également objet de l'invention qui comprend une plaque de guidage disposée derrière la bande de coulée et présentant des ouvertures d'alimentation connectées à une chambre de pression de liquide de refroidissement et des ouvertures d'évacuation pour ledit liquide de refroidissement connectées à une chambre de dépression, ledit dispositif étant caractérisé par le fait que la plaque de guidage présente sur sa face avant adjacente à la bande de coulée un grand nombre de cellules de refroidissement individuelles qui sont formées chacune d'un alvéole dont le bord se trouve tourné du côté de la bande de coulée et par le fait qu'au moins une ouverture d'alimentation aboutisse dans chaque alvéole, tandis que les ouvertures d'évacuation aboutissent à l'extérieur des alvéoles. De cette façon, la section d'évacuation de chaque alvéole est déterminée par la distance entre la bande de coulée et le bord de l'alvéole, si bien que le liquide

- 9 -

de refroidissement introduit sous pression remplit les alvéoles et qu'il constitue dans chacun de ceux-ci un champ de pression hydrostatique, dont la grandeur est déterminée par ladite distance, et qui, en concours avec la dépression régnant à l'extérieur des alvéoles, maintient la bande de coulée automatiquement à une distance pratiquement constante du bord de chaque alvéole.

La description qui suit à titre d'exemple d'une exécution préférentielle concerne une bande de coulée unique.

10 Il est bien entendu que dans des dispositifs à plusieurs bandes de coulée, l'invention s'applique par analogie à toutes les bandes.

La plaque de guidage située à faible distance derrière la bande de coulée présente des dimensions un peu plus grandes en longueur et en largeur que celles de la zone de coulée et une épaisseur avantageusement choisie entre 20 et 50 mm. Elle peut être composée de plusieurs pièces s'il en résulte un avantage de fabrication ou autre.

15 Il est aussi possible de ne disposer la plaque de guidage que sur une partie de la zone de coulée et de supporter et de refroidir la bande de coulée sur le reste de la zone de coulée par un autre moyen. La plaque de guidage présente sur sa face tournée du côté de la bande de coulée des ouvertures d'alimentation et d'évacuation à distance relativement faible les unes des autres.

20

25

Les ouvertures d'alimentation sont connectées à une chambre - appelée ici "chambre de pression" - dans laquelle le liquide de refroidissement est amené sous pression.

Les ouvertures d'évacuation aboutissent par contre dans une chambre, dans laquelle règne une faible pression (en règle générale inférieure à la pression atmosphérique) - appelée ici "chambre de dépression". De cette dernière, le liquide de refroidissement est continuellement évacué.

En raison du grand nombre d'ouvertures d'alimentation et d'évacuation disposées de préférence à des distances

30

35

- 10

ces réciproques régulières, il est avantageux pour la description de la plaque de guidage de subdiviser la face de celle-ci tournée du côté de la bande de coulée, sur toute l'étendue de la zone de coulée, en champs de même forme -

5 appelés ici "cellule de refroidissement" - de telle façon que chacun d'eux soit pourvu d'au moins une ouverture d'alimentation et d'au moins une ouverture d'évacuation. Lors de la subdivision complète de la surface, les cellules de refroidissement présentent en raison des lois géométriques une forme polygonale, en particulier une forme

10 de triangle, de rectangle ou d'hexagone. Il est pourtant aussi possible de prévoir des cellules de refroidissement rectangulaires en forme de bandes allongées qui s'étendent sur toute la largeur ou une partie de la largeur de

15 la bande de coulée ou sur la longueur de la bande de coulée.

Comme décrit ci-après, ces cellules de refroidissement sont construites de telle façon que le liquide de refroidissement passant de la chambre de pression vers la

20 chambre de dépression s'écoule le long du verso de la bande de coulée et refroidisse celle-ci intensément et sans discontinuité sur toute la surface de la cellule de refroidissement. Dans chacune de celles-ci règne un champ hydrostatique de pression positive et de pression négative par rapport à la pression ambiante. De ces champs de

25 pression résulte une force sur la bande de coulée qui dépend de telle façon de la distance entre la plaque de guidage et la bande de coulée que cette dernière prenne automatiquement dans chaque cellule de refroidissement une

30 certaine distance de la plaque de guidage et qu'elle soit supportée et guidée stablement, ce qui pour effet d'éviter une déformation inadmissible de la bande de coulée.

Afin que le liquide de refroidissement jaillissant des ouvertures d'alimentation puisse s'écouler régulièrement et sans grande résistance à l'écoulement, on a prévu

35

- 11 -

autour de l'ouverture d'alimentation de chaque cellule de refroidissement ou des ouvertures d'alimentation une cavité - appelée ici "alvéole". La profondeur de l'alvéole peut mesurer quelques dixièmes de millimètres jusqu'à 5 plusieurs millimètres. La surface de l'alvéole est avantageusement prévue aussi grande que possible, de telle façon que ledit alvéole ne soit séparé de l'ouverture d'évacuation que par un bord de moins de 0,5 mm.

10 Du fait qu'en service les alvéoles sont continuellement remplis de liquide de refroidissement, il s'y produit par l'arrivée de ce dernier une très forte turbulence, ce qui permet d'obtenir dans le domaine de chaque alvéole un refroidissement intense de la bande de coulée.

Un effet de refroidissement suffisant est également 15 assuré au-dessus du bord des alvéoles, parce que le liquide de refroidissement s'écoule avec une vitesse relativement élevée entre l'étroit bord et la bande de coulée vers l'ouverture d'évacuation.

On traitera plus tard la question des conditions de 20 refroidissement au-dessus des ouvertures d'évacuation.

Chaque ouverture d'alimentation dans un alvéole des cellules de refroidissement est avantageusement raccordée par son propre tube d'alimentation à la chambre de pression. Il est aussi avantageux que le liquide de refroidissement 25 s'écoule à vitesse élevée contre la bande de coulée afin d'obtenir un bon effet de refroidissement. Dans ce but, il est indiqué de munir les ouvertures d'alimentation des alvéoles des cellules de refroidissement d'un rétrécissement en forme de buse.

30 Il est avantageux de construire les ouvertures d'évacuation des cellules de refroidissement sur la surface de la plaque de guidage en forme de fentes entourant les alvéoles. De cette façon, le liquide de refroidissement s'écoule entre la plaque de guidage et la bande de coulée 35 depuis l'ouverture d'alimentation placée de préférence au

- 12 -

centre de la cellule de refroidissement dans toutes les directions vers les fentes entourant la cellule de refroidissement et formant sa frontière.

Mis à part le bord de la plaque de guidage, le liquide de refroidissement s'écoule toujours de deux alvéoles voisins vers une fente commune sise entre eux.

Les fentes présentent de préférence une profondeur de 8 à 12 mm et sont, comme dit précédemment, connectées directement par des forages exécutés dans la plaque de guidage avec la chambre de dépression.

Pour les raisons mentionnées ci-après, la distance entre la plaque de guidage et la bande de coulée s'établit automatiquement, conformément aux forces exercées par chaque cellule de refroidissement. La bande de coulée se maintient dans cette position dans un état d'équilibre stable.

Par suite de la résistance à l'écoulement dans les tubes d'alimentation et dans les rétrécissements de la section en forme de buse à l'entrée de l'alvéole de la cellule de refroidissement, la pression hydrostatique dans chaque alvéole est dépendante de la grandeur de la section d'évacuation.

Si par exemple la bande de coulée s'appuie sur la plaque de guidage jusqu'à la toucher, l'écoulement hors de l'alvéole est complètement obturé. Dans ce cas, aucun mouvement de liquide n'a lieu, et par conséquent aucune perte de pression ne se produit. C'est pourquoi la pression hydrostatique régnant alors dans l'alvéole est la même que la pression de la chambre de pression. Si la bande de coulée s'éloigne, le liquide de refroidissement se met à couler avec la perte de pression correspondante dans le tube d'alimentation. Si la section libre, donnée par le produit de la circonférence de l'alvéole par la distance entre la bande de coulée et la plaque de guidage, est devenue si grande qu'elle corresponde au moins à la sec-

- 13 -

tion des ouvertures d'évacuation vers la chambre de dé-  
pression, on peut dire que l'alvéole est complètement  
ouvert et il y règne une pression à peu près égale à celle  
de l'entrée de l'ouverture d'évacuation connectée à la  
5 chambre de dépression. La différence de pression entre la  
chambre de pression et l'alvéole de la cellule de refroidis-  
sement est produite par la perte de pression dans la buse  
et celle causée par le tube d'alimentation. Ainsi, la  
pression hydrostatique pour un alvéole fermé ou complète-  
10 ment ouvert pour une plaque de guidage donnée et des pres-  
sions données dans les chambres de pression et de dépres-  
sion, est en principe déterminée. Pour chaque distance de  
bande de coulée intermédiaire, il existe naturellement une  
pression correspondante à l'intérieur de l'alvéole.

15 Les dimensions des cellules de refroidissement avec  
leurs ouvertures d'alimentation et d'évacuation, ainsi que  
les pressions régnant dans les chambres de pression et de  
dépression sont choisies de telle façon qu'en service, la  
distance entre la bande de coulée et la plaque de guidage,  
20 respectivement les bords de l'alvéole, soit située entre  
les deux valeurs extrêmes mentionnées. Ce faisant, deux  
champs de pression s'établissent dans chaque cellule de  
refroidissement et agissent sur le verso de la bande de  
coulée. Le premier rejette la bande de coulée de la pla-  
25 que de guidage par la pression dynamique du jet et la pres-  
sion hydrostatique régnant dans l'alvéole et sera désigné  
par champ positif sur le verso de la bande de coulée. Le  
second champ de pression, dans lequel règne une pression  
négative par rapport à la pression ambiante puisqu'il est  
30 en connection avec la chambre de dépression par l'intermé-  
diaire des ouvertures d'évacuation, est désigné par champ  
négatif, vu qu'il exerce une force résultante sur la bande  
de coulée qui est dirigée vers la plaque de guidage.

Dès que la moindre diminution de distance se produit  
35 à un endroit quelconque de la surface de refroidissement

- 14 -

que ce soit à la suite d'une augmentation des forces de pression dans la zone de coulée ou que ce soit à cause d'un voilement de la bande de coulée, le champ de pression positif s'intensifie immédiatement dans l'alvéole de la cellule de refroidissement concernée. Ceci est dû au fait qu'un rapprochement de la bande de coulée rétrécit la section d'écoulement, ce qui a pour effet d'augmenter la pression hydrostatique de l'alvéole. Il en résulte par conséquent une force accrue qui agit à l'encontre du rapprochement de la bande de coulée de la plaque de refroidissement.

L'effet contraire se produit lors de l'éloignement de la bande de coulée de la plaque de guidage. Par suite de l'agrandissement de la section d'écoulement des alvéoles de la cellule de refroidissement située à l'endroit en question, la force produite par le champ de pression est réduite dans les alvéoles concernés. Il en résulte une force plus élevée dirigée contre la plaque de guidage qui empêche un éloignement inadmissible de la bande de coulée.

Chaque cellule de refroidissement produit ainsi dans sa zone par suite de l'effet stabilisateur du principe décrit, une régulation, respectivement une stabilisation de la distance entre la bande de coulée et la plaque de guidage. Cette distance s'établit automatiquement en fonction des pressions régnant dans la chambre de pression et la chambre de dépression, des dimensions des cellules de refroidissement, de celles des ouvertures d'alimentation et des ouvertures d'évacuation, ainsi qu'en fonction des forces exercées dans la zone de coulée sur la bande de coulées.

La surface d'une cellule de refroidissement peut être subdivisée en deux zones. La première zone est la surface sise au-dessus de l'alvéole qui exerce, comme décrit, un effet stabilisateur sur la distance entre la bande de coulée et la plaque de guidage. La seconde zone est la surface sise au-dessus de l'ouverture d'évacuation dans la-



quelle règnent des conditions pratiquement indifférentes, vu que la dépression est peu dépendante de la position de la bande de coulée.

Des flexions tridimensionnelles inadmissibles de la bande de coulée peuvent se produire dans les parages de chaque cellule de refroidissement par suite de l'effet des champs de force sur la bande de coulée, mais en particulier sous l'effet des charges dues aux pressions métallostatiques provoquées par des couches superficielles pas encore porteuses.

Ce problème peut être résolu sans amoindrissement aucun d'un refroidissement simultané des plus intensifs de la bande de coulée en choisissant des dimensions de cellules de refroidissement, c'est-à-dire leur longueur et/ou leur largeur, suffisamment petites. Pour des cellules de refroidissement en forme de triangles, de rectangles ou d'hexagones réguliers, la section d'une cellule de refroidissement devrait comporter au plus  $10 \text{ cm}^2$ , de préférence  $1 \text{ à } 6 \text{ cm}^2$ , la zone de stabilisation représentant plus de 50 %, de préférence 70 %, de la superficie totale de la cellule de refroidissement. La section de l'ouverture ou des ouvertures d'alimentation doit représenter 0,5 à 3,5 % de la section de la cellule de refroidissement. La section des ouvertures d'évacuation représentera avantageusement une surface située entre le double et le décuple de la section des ouvertures d'alimentation.

Les pressions régnant dans les chambres de pression et de dépression peuvent être adaptées aux circonstances. Elles s'élèvent avantageusement à 2 à 5 bars au-dessus de la pression ambiante dans la chambre de pression et à 0,1 à 0,5 bars sous la pression ambiante dans la chambre de dépression, selon la densité et la température du matériau à couler et selon l'inclinaison de la zone de coulée. Les valeurs supérieures sont valables pour des températures de coulée élevées et/ou des densités élevées du matériau à

- 16 -

couler et/ou de fortes inclinaisons de la zone de coulée.

Sous les conditions décrites, une distance entre la bande de coulée et la plaque de guidage de 0,02 à 1 mm s'établira, et à cela, la bande de coulée est maintenue et supportée à l'intérieur d'une plage de distance si étroite sur toute la surface de la zone de coulée, que les flexions locales qui se produisent par suite des contraintes mécaniques et thermiques sont si faibles que les conditions reconnues et requises peuvent être parfaitement remplies et que par conséquent les influences nocives sur la qualité de la plaque sont éliminées.

Les distances mentionnées peuvent être variées à volonté sur la longueur de la zone de coulée en modifiant les sections d'évacuation.

La valeur la plus faible concerne de préférence le début de la zone de coulée, respectivement le trajet où le matériau coulé présente une couche superficielle molle et cassante, tandis que les valeurs élevées sont valables pour le côté sortie.

Comme les ouvertures d'évacuation des cellules de refroidissement peuvent être exécutées en forme de fentes à bords parallèles entourant les alvéoles et comme la section d'évacuation ne comporte que le double au décuple de la section d'alimentation, lesdites fentes deviennent relativement étroites.

Par suite du fait que les flux de liquide de refroidissement jaillissant de deux cellules de refroidissement voisines proviennent de deux directions opposées, ceux-ci se heurtent au-dessus de la fente et il se forme une forte turbulence. De cette façon, l'effet de refroidissement requis sur la bande de coulée est aussi assuré en dehors des alvéoles, et donc sur toute la surface d'une cellule de refroidissement, respectivement de la zone de coulée.

La chambre de dépression est avantageusement placée immédiatement derrière la plaque de guidage, et la chambre

- 17 -

de pression immédiatement derrière la chambre de dépression avec une paroi de séparation. Ces deux chambres s'étendent sur toute la surface de la plaque de guidage. Ce faisant, il est possible de connecter les cellules de refroidissement avec la chambre de dépression à l'aide de forages percés de part en part de la plaque de guidage. Il en résulte le grand avantage que la résistance à l'écoulement pour l'évacuation du liquide de refroidissement devient minimum. Par conséquent, la dépression régnant dans la chambre de dépression ne doit pas être beaucoup plus élevée que celle requise dans les ouvertures d'évacuation des cellules de refroidissement.

Les tubes d'alimentation provenant de la chambre de pression en direction des cellules de refroidissement passent ainsi au travers de la chambre de dépression. Le flux du liquide de refroidissement s'y trouve donc freiné. Afin d'y maintenir cette perte de pression dans des limites admissibles, il est nécessaire que l'espace ouvert entre la plaque de guidage et la paroi opposée de la chambre de dépression soit suffisamment grand. Selon le diamètre et l'espacement des tubes d'alimentation, la distance mentionnée sera située de préférence entre 5 et 25 % de la valeur de la racine carrée de la surface de refroidissement de la plaque de guidage.

En règle générale, une dépression plus ou moins grande (par rapport à la pression ambiante) selon les circonstances doit être maintenue dans la chambre de dépression des dispositifs qu'on vient de décrire. Si cette dépression est trop grande, il peut se produire de la cavitation dans le liquide de refroidissement aspiré, d'autant plus qu'il est chauffé. Si la bande de coulée est constituée d'un matériau ferromagnétique, on peut éviter ce phénomène en produisant des champs magnétiques sur le verso de la bande de coulée, ce qui a pour effet de l'attirer contre la plaque de guidage. Ces champs magnétiques soutiennent alors l'effet de la

- 18 -

dépression avec laquelle le liquide de refroidissement est aspiré, si bien que pour le même effet total, cette dépression peut être réduite. Il est pratique de produire ces champs magnétiques par des électroaimants, car ceux-ci peuvent être mis hors circuit, quand par exemple la bande de coulée doit être changée. Ces aimants, de préférence des électroaimants, peuvent être fixés avantageusement dans ou contre la plaque de guidage.

- La quantité totale de liquide de refroidissement qui doit circuler au travers des cellules de refroidissement pour produire les champs de pression hydrostatiques et pour supporter et guider la bande de coulée à la petite distance désirée de la plaque de guidage est relativement grande. Lorsque la quantité totale de liquide de refroidissement coule de la chambre de pression au travers des cellules de refroidissement vers la chambre de dépression, il en résulte nécessairement de grandes dimensions pour les pompes, conduits, filtres et autres équipements de l'installation de refroidissement, au travers desquels doit circuler le liquide de refroidissement pour repasser de la chambre de dépression à la chambre de pression. La quantité de liquide de refroidissement circulant au travers du système de refroidissement peut être diminuée en installant un injecteur dans au moins quelques connections entre la chambre de pression et les ouvertures d'alimentation, le côté aspiration des injecteurs étant connecté à des ouvertures d'évacuation, afin de ramener directement du liquide de refroidissement dans les ouvertures d'alimentation. Avec ce moyen il est possible de réduire la quantité de liquide de refroidissement circulant au travers de l'installation de refroidissement de plus de 50 %, c'est-à-dire que plus de 50 % de la quantité de liquide de refroidissement provenant des ouvertures d'évacuation retournent aux ouvertures d'alimentation sans faire le détour par l'installation de refroidissement et la chambre de pression. Il en résulte des

- 19 -

coûts d'investissement sensiblement plus bas pour l'installation de refroidissement. Par suite de l'élévation de température relativement faible du liquide de refroidissement dans les cellules de refroidissement, la solution proposée

5 est sans autre admissible au point de vue du transport de chaleur, respectivement de l'élimination de chaleur du verso de la bande de coulée. Pour l'utilisation des injecteurs, il suffit en règle générale de modifier la caractéristique

10 de pression de 4 à 12 bars par rapport à 2 à 5 bars proposés précédemment selon la température de coulée et/ou la densité du matériau à couler et/ou l'inclinaison de la zone de coulée.

La façon proposée de refroidir et de supporter la bande

15 de de coulée dans la zone de coulée permet une exploitation du dispositif sans qu'il soit nécessaire d'exercer la haute tension initiale dans le sens de marche sur la bande de coulée qui autrement serait nécessaire pour la maintenir dans le meilleur état de planéité possible dans la zone de

20 coulée. De plus, les forces nécessaires à l'entraînement de la bande de coulée sont extrêmement faibles vu qu'entre la bande de coulée et la plaque de guidage règne un frottement hydraulique. Ces deux faits permettent de mettre la bande de coulée en service sans tension initiale notoire.

25 Une tension initiale minimum n'est exigée que par l'entraînement. Dans la zone de coulée, la bande de coulée n'est donc soumise pratiquement qu'aux contraintes thermiques, d'où il résulte une prolongation notoire de la durée de service de celle-ci. En conséquence des raisons présentées,

30 les tambours de renvoi placés avant et après la zone de coulée dans les autres installations de coulée continue peuvent être éliminés. En lieu et place de ces derniers, la bande de coulée peut être conduite sur un train de rouleaux de diamètre relativement faible et de longueur correspondant

35 dant à la largeur de la bande formant l'angle de renvoi né-

- 20 -

cessaire sous forme d'une courbe adéquate.

Cette conception présente l'avantage essentiel que la buse servant à l'alimentation du métal en fusion peut être sensiblement plus courte, donc plus stable et plus simple.

- 5 En outre, la plaque quittant l'installation de coulée peut être saisie après un très court trajet au sortir du dispositif par des rouleaux dits d'avance. Il en résulte en plus de l'économie d'espace une augmentation de la sécurité d'exploitation de l'opération de coulée.

- 10 Comme les frottements entre la plaque à couler et la bande de coulée sont, pour les raisons citées plus haut, plus grands que ceux entre la bande de coulée et la partie stationnaire du dispositif de coulée (frottements hydrauliques dans la zone de coulée), la bande de coulée peut être  
15 mise en mouvement à vitesse synchrone par la plaque qui se déplace, dès que la partie solidifiée de celle-ci peut exercer les forces d'entraînement nécessaires, ce qui dépend des propriétés du matériau à couler. Sous ces conditions, un entraînement séparé pour la bande de coulée avec le système  
20 de régulation de vitesse correspondant peuvent être supprimés, ce qui rend le dispositif de coulée nettement plus simple.

- Un autre avantage du système de support hydrostatique de la bande de coulée consiste dans la possibilité de pro-  
25 duire en cas de désir des mouvements vibratoires perpendiculaires à la bande de coulée dans la zone en contact avec le matériau à couler. Avec de telles vibrations mécaniques, la transmission de chaleur entre le matériau à couler et la bande de coulée peut être limitée, ce qui dans certains cas  
30 est désirable, pour parer à une surcharge thermique de la bande de coulée et/ou pour éviter un refroidissement trop abrupt du matériau à couler.

- Pour diminuer la transmission de chaleur entre le matériau à couler et la bande de coulée, il existe une méthode  
35 de connue qui consiste à appliquer une couche de peinture

- 21 -

calorifugeante sur le côté de la bande de coulée en contact avec le métal en fusion. Cette solution est pourtant très problématique, premièrement parce que l'application d'une couche de peinture suffisamment adhésive est relativement compliquée, deuxièmement parce qu'il est très difficile d'appliquer une peinture dont l'effet de refroidissement soit suffisamment régulier sur toute la surface de la bande de coulée et troisièmement parce que la peinture est soumise à l'usure. Des particules de peinture peuvent former des dépôts de corps étrangers adhérant à la surface de la plaque et affecter la qualité du produit fini.

Ces inconvénients sont évités par la possibilité offerte par l'invention de réduire la transmission de chaleur à l'aide de vibrations mécaniques. Un autre avantage est donné par la possibilité de ne produire les vibrations que dans certaines zones en contact avec le matériau à couler, afin de ne réduire la transmission de chaleur qu'à ces endroits choisis. Ceci vaut en particulier pour la région de l'entrée de la zone de coulée, où les contraintes thermiques et le danger de voilement de la bande de coulée sont les plus grands. Il est bien entendu qu'il est possible de produire des vibrations dont l'amplitude décroît peu à peu le long de la zone de coulée. En résumé il est toujours possible d'influencer localement ou dans le temps la transmission de chaleur.

Les vibrations peuvent avoir une allure sinusoïdale dans le temps ou présenter une autre forme. Pour atteindre le but recherché de façon optimum, il est indiqué de produire ces vibrations avec une fréquence sise entre 20 et 500  $\text{sec}^{-1}$  et une amplitude allant de  $2 \cdot 10^{-5}$  à  $2 \cdot 10^{-4}$  mètres. Pour des vibrations sinusoïdales, un affaiblissement particulièrement prononcé de la transmission de chaleur se produit lorsque la condition  $h \cdot f^2 > 0,5$  est remplie.  $h$  signifie l'amplitude en mètres et  $f$  la fréquence en  $\text{sec}^{-1}$ . Pour d'autres allures de vibration, le produit  $h \cdot f^2$  peut être un

- 22 -

peu plus petit.

Si la bande de coulée est formée d'un matériau ferromagnétique, on peut l'induire en vibration par exemple à l'aide d'un champ magnétique alternatif agissant sur

5 cette bande.

Les vibrations de la bande de coulée peuvent aussi être produites indépendamment du matériau de celle-ci, en imprimant au moins localement une pulsion au liquide de refroidissement. Si les ouvertures d'alimentation sont équipées de tubes d'alimentation individuels, on peut produire  
10 dans ces tubes un flux pulsé en variant périodiquement leur section. Ceci s'opère le plus facilement à l'aide d'une vanne vibrante sur la conduite d'alimentation du liquide de refroidissement. Il est indiqué d'équiper chaque tube d'alimentation de sa propre vanne de grandeur appropriée. On peut  
15 utiliser des vannes dont le corps de soupape est induit en vibration par le flux du liquide de refroidissement, ce qui produit la variation de section périodique, ou - mieux - des vannes commandées électriquement.

20 Dans les dessins annexés, on présente plus en détail des exemples d'exécution de l'invention. Ces dessins montrent les exemples suivants.

Fig. 1, un dispositif de coulée continue avec une zone de coulée disposée verticalement et un refroidissement  
25 et support conformes à l'invention. La partie de gauche de la Fig. 1 est une représentation en coupe, la partie de droite une représentation en élévation.

Fig. 2 est une représentation du dispositif avec vue sur la bande de coulée et montre un mode de réalisation de  
30 la suspension du dispositif avec un bâti reposant sur ses fondations, avec libre accès depuis la droite pour le changement de la bande de coulée.

Les Fig. 3 à 11 montrent à grande échelle des coupes et des vues en plan de différentes formes d'exécution de la  
35 plaque de guidage, avec ses cellules de refroidissement,



tubes d'alimentation, ouvertures d'évacuation, chambre de dépression et bande de coulée. Dans tous les cas représentés, la plaque de guidage est constituée d'une plaque de base avec des éléments de cellules de refroidissement fixés  
5 sur sa surface.

Les Fig. 3 et 4 montrent en coupe, respectivement en plan, la disposition de cellules de refroidissement hexagonales avec des alvéoles également hexagonaux, conçues en forme de champignon.

10 Les Fig. 5 et 6 montrent de nouveau en coupe, respectivement en plan, la construction d'une plaque de guidage avec des cellules de refroidissement carrées et des éléments de cellule de refroidissement ronds en forme de champignon avec un affluent dans chacun des coins de la  
15 cellule de refroidissement.

Les Fig. 7 et 8 montrent également en coupe, respectivement en plan, la construction d'une plaque de guidage avec des cellules de refroidissement hexagonales et des éléments de refroidissement ronds en forme de champignon  
20 avec un affluent dans chacun des coins de la cellule de refroidissement.

La Fig. 9, dans une représentation en coupe semblable à celle de la Fig. 3, est une variante dans laquelle les éléments des cellules de refroidissement sont équipés d'une  
25 part d'injecteurs et d'autre part de bobinages magnétiques.

La Fig. 10 représente en coupe une vanne auto-vibrante montée sur un tube d'alimentation d'un élément de cellule de refroidissement.

La Fig. 11 montre en coupe semblable à la Fig. 10 une  
30 vanne commandée électriquement.

Dans un dispositif de coulée continue conforme aux Fig. 1 et 2, un bâti 10 représenté sur la Fig. 1 contient une chambre de pression 11 alimentée en liquide de refroidissement sous pression au travers du conduit 12. Ce li-  
35 quide s'écoule dans des tubes d'alimentation 14 à travers

- 24 -

la chambre de dépression 15 et à travers une plaque de guidage 13 disposée immédiatement derrière et à très courte distance d'une bande de coulée 20 sans fin, dans la zone de coulée 26.

5 Comme visible sur la Fig. 1, la bande de coulée 20 sans fin passe sur un tambour entraîné 23, atteint une pièce de renvoi 24 munie de rouleaux-guides 25 disposés en arc, puis passe sur la plaque de guidage 13 disposée derrière la zone de coulée 26. A la sortie de la zone de  
10 coulée, la bande de coulée 20 passe sur une pièce de renvoi 27 avec ses rouleaux-guides 28 pour revenir au tambour entraîné 23. Les rouleaux-guides 25 et 28 présentent de préférence un diamètre de 20 à 50 mm. Il est avantageux de prévoir sur la largeur de la bande de coulée plusieurs rou-  
15 leaux de plus faible largeur avec des paliers de soutien intermédiaires. Ces rouleaux plus petits peuvent avoir des axes de rotation décalés les uns par rapport aux autres, ce qui produit un échelonnement des rouleaux. Avec une disposition serrée et échelonnée des rouleaux, il est possible  
20 de réaliser un guidage et un support de la bande de coulée répondant à toutes les exigences.

Le tambour d'entraînement 23 est supporté par des paliers déplaçables dans un plan horizontal à l'aide de cylindres tendeurs 30 placés de part et d'autre, le tout étant  
25 supporté par un dispositif de fixation 29. Ceci permet de tendre facilement la bande de coulée hydrauliquement ou pneumatiquement, ou, en cas de besoin, de la détendre complètement lorsque son changement est nécessaire.

Sur le côté arrière du tambour 23 se trouve un cylindre 31 qui permet de déplacer le premier verticalement. A  
30 l'aide d'un asservissement connu, on peut corriger la dérive de la bande de coulée 20.

La zone de coulée 26 avec la plaque 32 qui s'y trouve représentée est limitée latéralement par des parois latérales  
35 disposées de chaque côté. Celles-ci consistent en deux

- 25 -

chaînes sans fin de blocs 33 en métal ou en matière céramique raccordés par des articulations ou de façon flexible et reposent sur l'une des deux bandes de coulée, de sorte qu'elles se meuvent avec la bande dans le sens de marche.

5 A l'aide d'un dispositif de guidage latéral réglable non représenté, la distance entre les deux parois latérales peut être adaptée à la largeur voulue de la plaque.

Le métal en fusion est amené du four dans une auge 34 puis est conduit par un certain nombre de tubes verti-  
10 caux 35 en matière céramique situés côte à côte dans une buse de coulée 36. Le débit de la masse fondue est réglé par des régulateurs de niveau de genre connu.

La masse fondue coule au travers de la buse 36 et est répartie sur toute la largeur de la plaque à couler dans la  
15 zone de coulée 26. L'espace qui devient libre par suite du mouvement continu de la plaque vers le bas est continuellement alimenté par du métal en fusion.

Tout d'abord une couche superficielle 37 se solidifie au contact de la bande de coulée refroidie, puis son épais-  
20 seur croît au fur et à mesure du refroidissement, jusqu'à ce que la section complète soit solidifiée. Jusqu'à cette solidification complète, il existe un puits de métal fondu entre les bandes de coulée. Sur ce, et jusqu'à ce que la plaque quitte la zone de coulée, un refroidissement subsé-  
25 quent se produit. Ce refroidissement se monte à environ 20 % de la température de solidification, ce qui confère à la plaque 32 la solidité requise pour la mise en oeuvre subséquente.

Sous le dispositif de coulée, la plaque est reprise  
30 par deux rouleaux d'avance 39 entraînés qui tournent à une vitesse synchronisée avec la vitesse de coulée. Ceux-ci assurent un mouvement descendant régulier de la plaque.

Les deux moitiés du dispositif de coulée sont disposées de part et d'autre de la plaque sur des bâtis mobiles  
35 42 munis de roues 41 qui se meuvent sur des rails 40. A

l'aide des cylindres 43, ces deux unités peuvent être écartées de quelques décimètres, ce qui est en particulier nécessaire pour le changement des bandes de coulée. Une butée réglable prévue mais non représentée assure le positionnement correct des deux moitiés d'unité lors de leur rapprochement en position de travail.

La Fig. 2 représente une solution possible pour la disposition du dispositif de coulée sur une charpente 44 qui assure l'accessibilité depuis la droite pour le changement des bandes de coulée. Cette charpente est ancrée solidement sur une fondation 46 à l'aide de puissants boulons d'ancrage 45. Les galets 41 supportent le poids de tout le dispositif, tandis que les galets 47 et 48 prennent en charges les forces horizontales produites par la suspension unilatérale du dispositif en compensant ainsi le couple formé.

L'entraînement du tambour 23 s'opère par des arbres à cardan 49 et celui des rouleaux d'avance 39 par les arbres à cardan 50 à l'aide d'engrenages non représentés.

Le liquide de refroidissement circule au travers de deux tubulures 51 et 52 en provenance et en direction de l'installation de refroidissement. Le liquide de refroidissement pénètre dans le dispositif par la tubulure 51 fixée au raccord 12 et la quitte par la tubulure 52 fixée au raccord 22. Ces deux tubulures sont connectées à l'installation de traitement de l'eau de refroidissement par l'intermédiaire de tubes flexibles. Pour des raisons de simplicité, ceux-ci ne sont pas représentés. Pour le cas où le matériau à couler ne nécessite pas d'entraînement particulier de la bande de coulée, les arbres à cardan 49 et leurs engrenages non représentés sont supprimés.

Dans ce qui suit, on explique des exemples d'exécution de la plaque de guidage 13, à l'aide de laquelle la bande de coulée 20 est supportée hydrostatiquement par le liquide de refroidissement.

La plaque de guidage 13 est composée conformément aux Fig. 3 et 4 d'une plaque de base 16, et, pour la formation des cellules de refroidissement, de petits blocs 60 fixés sur cette plaque de base. Ces derniers sont appelés

5 "éléments de cellules de refroidissement" ou "éléments" par la suite. Ces éléments de cellule de refroidissement possèdent chacun un alvéole 56 de conception décrite précédemment, avec une ouverture d'alimentation 57 à laquelle est fixé un tube d'alimentation 14. La fixation peut se faire selon

10 des méthodes connues, par exemple par vissage ou par collage.

On entend par surface de la plaque de guidage, la surface formée par les bords des alvéoles 56, soit la surface sise au-dessus des éléments de refroidissement 60.

15 Pour une grandeur et une forme donnée des cellules de refroidissement, respectivement pour un pas donné des éléments de cellule de refroidissement 60 sur la plaque de base 16, on choisit la grandeur des éléments de cellule de refroidissement de telle façon que des fentes 58 se forment

20 entre eux, lesdites fentes servant d'ouvertures d'évacuation. La hauteur des éléments comporte de préférence 8 à 20 mm. La largeur des fentes 58 à la surface de la plaque de guidage 13 est dimensionnée conformément aux indications données plus haut, de sorte que la section correspondant à une cellule de refroidissement s'élève du double au décuple de la section d'alimentation 57.

Pour assurer l'évacuation du liquide de refroidissement, la plaque de base 16 présente les forages 21 correspondant aux fentes d'évacuation.

30 Dans les alvéoles 56 le liquide de refroidissement provenant des tubes d'alimentation 14 et de l'ouverture en forme de buse 57 s'étale sur la bande de coulée 20 et s'écoule ensuite par les fentes 58, et de là, s'en va vers la chambre de dépression 15 (Fig. 1) au travers de l'ouverture d'évacuation 21, puis vers le réservoir de liquide de

35

- 28 -

refroidissement non représenté, au travers du raccord 22.

Bien que les cellules de refroidissement présentent une forme de triangle, de rectangle ou d'hexagone, on peut aussi prévoir des éléments de cellule de refroidissement  
5 de forme ronde, dont la fabrication est plus simple.

Des éléments de cellule de refroidissement ronds 60' avec des alvéoles 56' sont représentés dans les Fig. 5 et 6, respectivement 7 et 8 en différentes configurations, soit dans les Fig. 5 et 6 en configuration quadra-  
10 tique, et dans les Fig. 7 et 8 en configuration hexagonale.

A cause des conditions géométriques, il se produirait aux coins des cellules de refroidissement des endroits insuffisamment refroidis sur la bande de coulée 20  
15 par suite de manque de circulation du liquide de refroidissement à l'extérieur des alvéoles 56. Pour obtenir quand même un refroidissement impeccable et complet de la bande de coulée 20 sur toute la surface de la zone de coulée 26, on a prévu dans chaque angle de la cellule de  
20 refroidissement une ouverture d'alimentation supplémentaire 61 - appelée "affluent" par la suite - par laquelle le liquide de refroidissement provenant de la chambre de pression 11 coule avec une grande vitesse contre la bande de coulée 20. Par cette mesure, on produit une forte turbulence du liquide dans les espaces 58', respectivement  
25 58" entre les éléments 60'. Cette turbulence accompagne celle des alvéoles 56', si bien qu'aussi en dehors des éléments de cellule de refroidissement 60' un refroidissement intense de la bande de coulée 20 ait lieu. Chaque affluent  
30 61 est avantageusement raccordé par son propre tube d'alimentation à la chambre de pression 11.

Dans le cas en question, on utilise des éléments de cellule de refroidissement en forme de champignon 60', fixés de telle façon sur la plaque de base 16 que le cha-  
35 peau du champignon soit tourné du côté de la bande de

- 29 -

coulée 20. Le pied du champignon présente avantageusement une section s'élevant à environ 40 % de la section de la cellule de refroidissement. La section minimum du chapeau s'élève avantageusement à au moins 50 % de la section totale de la cellule de refroidissement. De cette façon, on réalise les conditions de grandeur citées plus haut pour la zone de stabilisation de la cellule de refroidissement. Pourtant, le diamètre maximum doit comporter au plus 98 % de l'entre-axe de deux éléments voisins, afin d'assurer un écoulement non perturbé sur tout le pourtour de l'élément 60' du liquide de refroidissement sortant de l'alvéole 56'.

De par la conception des éléments 60' en forme de champignon, on crée sur la plaque de base 16 suffisamment de place pour la disposition des ouvertures destinées aux affluents et des ouvertures d'évacuation 21.

Au contraire des cellules de refroidissement à éléments polygonaux de cellule, la condition qu'on vient de citer pour des éléments ronds 60' et qui concerne la section de l'ouverture d'évacuation, ne vaut pas pour les surfaces 58' situées entre les éléments 60', mais pour les ouvertures d'évacuation 21 situées dans la plaque de base 16.

Sous certaines conditions, une bande de coulée peut avoir la tendance à entrer en vibration sous l'effet du flux du liquide de refroidissement, ce qui peut avoir des conséquences désavantageuses. Il est possible d'empêcher ces vibrations en variant la longueur des tubes d'alimentation 14 voisins dans une plage de quelques centimètres. Ceci se réalise en faisant pénétrer ces tubes plus ou moins profondément dans la chambre de pression 11. Ce faisant, la fréquence propre du liquide de refroidissement dans les tubes d'alimentation 14 est suffisamment variée pour éviter une harmonie mutuelle, respectivement pour rendre impossible les vibrations indésirées de la bande de coulée 20.

- 30 -

Dans les installations de coulée continue de conception connue, les bandes de coulée doivent présenter une épaisseur de 0,5 à 2 mm, en règle générale entre 1 et 1,5 mm, pour parer aux flexions de la bande de coulée entre les éléments de support par suite des contraintes existantes. Ces flexions sont d'autant plus grandes que les espaces entre les éléments de support doivent être suffisants pour des raisons de construction.

Le procédé de refroidissement et de support des bandes de coulée décrit ici permet l'utilisation de bandes de coulée d'une épaisseur de 0,1 à 0,4 mm. Ceci est rendu possible par le nombre élevé de cellules de refroidissement relativement petites et par la proportion élevée de surface de stabilisation et de support par rapport à la surface totale. Un avantage extraordinaire des bandes de coulée minces par rapport aux bandes plus épaisses réside dans le fait que les forces de déformation produites par les contraintes thermiques dans la bande de coulée sont significativement plus petites, conformément aux lois de la résistance des matériaux. Il en résulte que les forces à appliquer sur la bande de coulée pour parer à son voilement et à son gauchissement sont proportionnellement plus petites.

---

La description qui suit concerne particulièrement des dispositifs de coulée continue, dans lesquelles la zone de coulée est formée, comme dans les dispositifs selon les Fig. 1 et 2, par deux bandes de coulée en face l'une de l'autre et par des parois latérales disposées entre elles.

Dans le cas de directions de coulée fortement inclinées, ou, comme dans les Fig. 1 et 2, en cas de direction verticale, il s'avère avantageux de diminuer successivement en direction de la sortie de la zone de coulée les rapports entre les sections d'évacuation 58, respectivement 21 et les sections d'alimentation 57 sur la plaque



- 31 -

de guidage 13. On obtient ainsi une pression croissante contre le bas entre la plaque de guidage 13 et la bande de coulée 20 par suite d'une section d'évacuation relativement plus petite, ce qui provoque une pression croissante du liquide de refroidissement dans les cellules de refroidissement. On agit de cette façon à l'encontre de la pression métallostatique dans la zone de coulée et on évite la formation d'un interstice de retrait entre la bande de coulée 20 et la plaque 32 en voie de refroidissement.

On obtient le même effet en agrandissant successivement les ouvertures d'alimentation 57. Cette solution a pourtant pour effet d'augmenter le besoin en liquide de refroidissement.

Après solidification complète du matériau coulé 32, le rapport entre les sections des ouvertures d'évacuation 58, respectivement 21, peut être amoindri jusqu'à 2 : 1, selon les pressions régnant dans la chambre de pression et la chambre de dépression 11, respectivement 15. De cette façon la pression statique dans la zone indifférente de la cellule de refroidissement augmente, ce qui a pour effet que la distance entre la plaque de guidage 13 et la bande de coulée 20 s'agrandisse jusqu'à ce que cette dernière s'appuie doucement contre la plaque 32 sur toute la longueur de la zone de coulée 26. Ce faisant, on obtient sur les deux faces et sur toute la largeur de la plaque 32 un refroidissement régulier, ce qui a pour effet de réduire au minimum les contraintes thermiques. Par suite d'une transmission de chaleur plus intense, il en résulte une plus grande capacité du dispositif de coulée.

Une autre solution consiste à subdiviser la chambre de dépression 15 en plusieurs compartiments séparés sur la longueur de la zone de coulée, chacun des compartiments ayant son propre conduit d'évacuation. En réglant la pression du liquide de refroidissement dans chaque compar-

- 32 -

timent avec un instrument de régulation approprié, on peut ajuster la pression régnant en face du compartiment correspondant de la plaque de guidage 13, si bien qu'on obtient les conditions désirées quant au rapport des pressions dans les cellules de refroidissement afin d'augmenter la distance entre la plaque de guidage 13 et la bande de coulée 20 et de réaliser ainsi les meilleures conditions de refroidissement.

On peut prévenir en outre la formation d'un interstice de retrait entre la plaque 32 et la bande de coulée 20 en plaçant les plaques de guidage 13 en position convergente dans le sens de la coulée, dans la mesure du retrait prévisionnel.

Comme l'effet de retrait est beaucoup plus fort dans la phase de solidification que dans celle de refroidissement qui suit, il est avantageux pour les plaques de plus de 30 mm d'épaisseur de pourvoir la plaque de guidage 13 d'une courbure convexe adaptée aux conditions contre la zone de coulée 26, l'endroit le plus étroit étant situé à la sortie de la zone de coulée. On peut réaliser cette courbure de façon simple en conservant des plaques de base 16 planes en modifiant successivement la hauteur des éléments de cellule de refroidissement 60, respectivement 60', dans le sens de marche de la zone de coulée 26.

Lorsque les deux bandes de coulée 20 ne cheminent pas parallèlement le long de la zone de coulée 26 par suite de la considération du retrait du matériau à couler 32, on utilisera de préférence à la place des blocs 33, des parois latérales d'étanchéité élastiques en matériau résistant à la chaleur, par exemple le Fibrefrax, qui sont en mesure de s'adapter à la forme de la zone de coulée 26.

Pour la production d'une plaque de 25 mm d'épaisseur en aluminium à l'aide d'un dispositif de coulée continue équipé de deux bandes de coulée 20 en position sy-

- 33 -

métrique et présentant une longueur de zone de coulée de 1 m, les relations suivantes sont avantageuses:

|    |     |   |                         |
|----|-----|---|-------------------------|
|    | 1.  | Section des cellules de refroidissement   | 3,75 cm <sup>2</sup>    |
| 5  | 2.  | Forme des cellules de refroidissement   | hexagonale              |
|    | 3.  | Section de l'ouverture d'alimentation 57  | 0,023 cm <sup>2</sup>   |
| 10 | 4.  | Section de l'ouverture d'évacuation 58 à l'entrée de la zone de coulée 26                           | 0,23 cm <sup>2</sup>    |
|    | 5.  | Section de l'ouverture d'évacuation 58 à la sortie de la zone de coulée 26                          | 0,07 cm <sup>2</sup>    |
| 15 | 6.  | Pression du liquide de refroidissement dans la chambre de pression 11                               | 3 bars abs.             |
|    | 7.  | Pression du liquide de refroidissement dans la chambre de dépression 15                             | 0,7 bars abs.           |
| 20 | 8.  | Distance entre la bande de coulée 20 et la plaque du guidage 13 à l'entrée de la zone de coulée 26  | 0,1 mm                  |
|    | 9.  | Distance entre la bande de coulée 20 et la plaque de guidage 13 à la sortie de la zone de coulée 26 | 0,25 mm                 |
| 25 | 10. | Epaisseur de la bande de coulée 20  | 0,4 mm                  |
|    | 11. | Débit moyen du liquide de refroidissement au travers d'une cellule de refroidissement               | 45 cm <sup>3</sup> /sec |
| 30 | 12. | Température du liquide de refroidissement dans la chambre de pression 11                            | 42 °C                   |
|    | 13. | Température du liquide de refroidissement dans la chambre de dépression 15                          | 44 °C                   |
| 35 | 14. | Température du métal en fusion à l'entrée de la zone de coulée 26                                   | 690 °C                  |
|    | 15. | Température de la plaque à la sortie de la zone de coulée 26  | 530 à 550 °C            |
| 40 | 16. | Vitesse de coulée   | 3,5 à 4,2 m/min         |

- 34 -

Sous certaines conditions, par exemple lorsque la zone de coulée n'est pas disposée verticalement, une pression nettement plus basse peut être requise dans la chambre de dépression 15 afin de maintenir la bande de coulée à la faible distance voulue de la plaque de guidage. Afin d'éviter des pressions par trop basses qui pourraient provoquer de la cavitation dans le liquide de refroidissement, on peut, lorsque la bande de coulée est faite d'un matériau ferromagnétique, produire sur le verso des champs magnétiques qui attirent additionnellement la bande de coulée contre la plaque de guidage. A cet effet, il est avantageux d'incorporer dans au moins quelques éléments de cellule de refroidissement des aimants, de préférence des électroaimants. La Fig. 9 montre dans une coupe analogue à celle de la Fig. 3 une plaque de guidage 13" avec des éléments de cellule de refroidissement 60" fixés sur la plaque de base 16 et qui sont plus longs que les éléments 60 de la Fig. 3 et dont certains au moins portent des bobinages d'aimant 160 et qui sont faits en un matériau ferromagnétique. En alimentant ces bobinages ou quelquesuns d'entre eux avec du courant continu, on produit des champs magnétiques. Ces derniers attirent la bande de coulée 20 contre la plaque de guidage et soutiennent ainsi l'effet des champs de pression négatifs produits par l'aspiration du liquide de refroidissement au travers des fentes 58.

Les éléments de cellule de refroidissement 60" qui peuvent être aimantés et qui sont équipés de bobinages d'aimant 160 peuvent servir encore à un autre but sur au moins une partie de la surface de la plaque de guidage. Ils peuvent imprimer à la bande de coulée 20 un mouvement vibratoire perpendiculaire à la surface de la plaque de guidage. Par ces vibrations, on peut diminuer la transmission de chaleur entre le matériau coulé et la bande de coulée, ce qui, dans de nombreux cas, peut être désirable

- 35 -

pour diminuer les contraintes thermiques sur la bande de coulée ou pour éviter un refroidissement trop abrupt du matériau à couler, du moins dans certaines parties de la zone de coulée, en particulier à l'entrée de celle-ci.

- 5           A cet effet, les bobinages magnétiques (ou quelques-uns d'entre eux) sont connectés de telle façon que la bande de coulée 20 soit soumise à une vibration mécanique forcée d'une fréquence et d'une amplitude donnée par une variation périodique de l'intensité du courant. On peut
- 10 alimenter les bobinages magnétiques 160 en courants alternatifs dont l'intensité diminue successivement entre l'entrée et la sortie de la zone de coulée, afin de produire des vibrations de la bande de coulée 20 d'amplitudes décroissantes. Les courants alternatifs peuvent être alimentés
- 15 à tous les bobinages en phase. Il peut aussi être avantageux d'alimenter des bobinages de rangées d'éléments de cellule de refroidissement 60" voisines en courant déphasé. Par exemple, les rangées successives sont alimentées en courants en opposition de phase, de telle
- 20 façon que les vibrations avancent sous forme ondulatoire sur la bande de coulée (de préférence dans le sens de marche, mais éventuellement aussi en sens travers ou obliquement). Les bobinages d'aimant peuvent être alimentés en courant alternatif pur. Mais on peut aussi alimenter
- 25 quelques bobinages additionnellement ou uniquement en courant continu, afin de réaliser au total une attirance de la bande de coulée 20 contre la plaque de guidage 13".

- Indépendamment du matériau de la bande de coulée 20, on peut réaliser les vibrations décrites de celle-ci
- 30 en alimentant au moins une partie des éléments de cellule de refroidissement 60 en liquide de refroidissement pulsé. A cet effet, il est indiqué, comme montré dans les Fig. 10 et 11, de munir chaque tube d'alimentation de sa propre vanne vibrante.

- 35           La Fig. 10 montre une vanne auto-vibrante simple avec

- 36 -

son corps 114 dans lequel un corps de soupape mobile 115 est pressé par un ressort 116 contre le siège de soupape 117. Le ressort 116 est dimensionné de telle façon que la pression du liquide de refroidissement alimenté soulève le corps de soupape 115 de son siège 117 lorsque la pression dans le tube d'alimentation 14 est tombée sous une certaine valeur. Il s'ensuit que la pression croît à nouveau dans le tube d'alimentation et la vanne se referme. Avec de telles vannes, il est pourtant très difficile de réaliser une régulation de la fréquence des vibrations dans les différents éléments de cellule de refroidissement. Une régulation de la phase des vibrations est pratiquement exclue.

Une vanne commandée électriquement selon la Fig. 11 est par contre réglable à volonté. Dans une telle vanne, le corps de soupape 115' est en matériau ferromagnétique et est mû par des champs magnétiques produits par un bobinage magnétique 118. Les bobinages magnétiques 118 peuvent être alimentés par différents courants alternatifs, comme les bobinages magnétiques 160 de la Fig. 9.

Dans la variante selon la Fig. 9, les connections entre les ouvertures d'alimentation 57<sup>n</sup> des alvéoles 56 et la chambre de pression du liquide de refroidissement sont équipées d'injecteurs dont le côté aspiration est en communication avec les fentes d'évacuation 58, afin de ramener directement du liquide de refroidissement des fentes d'évacuation dans l'ouverture d'alimentation. L'ouverture d'alimentation 57<sup>n</sup> de chaque alvéole 56 est constituée par l'ouverture de sortie d'un forage 157 dans l'élément 60<sup>n</sup>. Devant l'entrée de ce forage 157 se trouve une buse 214 placée coaxialement et qui constitue l'extrémité du tube d'alimentation 14 connecté à la chambre de pression. Le liquide de refroidissement s'échappant par les fentes d'évacuation 58 s'écoule partiellement vers la chambre de dépression au travers des forages 21.

- 37 -

Pour l'autre partie, ce liquide de refroidissement passe par des forages radiaux 260 situés dans le corps de l'élément de cellule de refroidissement 60" à la hauteur de la bouche de la buse 214. Ce liquide est aspiré par l'effet  
5 d'injection du jet de liquide sortant de la buse 214 et emporté par celui-ci dans le forage 157.

Dans le forage 157 s'opère une transformation partielle de l'énergie cinétique du jet sortant de la buse 214 en énergie de pression, ce qui provoque une augmenta-  
10 tion de pression correspondante dans la direction du flux. Pour les conditions de pression données dans les alvéoles 56 de l'élément de cellule de refroidissement 60", il résulte à la sortie de la buse 214 une pression absolue  
15 plus faible que celle régnant entre les éléments de cellule de refroidissement. Il se produit donc, comme mentionné, une aspiration de liquide de cet espace au travers des forages radiaux 260.

La section totale des forages 260 de chaque élément de cellule de refroidissement correspond utilement au  
20 moins au quadruple de la section du forage 157. Cette section des forages 157 s'élève avantageusement à la sortie 57 à 1 à 3,5 % de la section de la cellule de refroidissement, et la longueur du forage 157 vaut utilement 5 à 10 fois son diamètre. La section de sortie de la buse  
25 214 s'élève de préférence à 25 à 60 % de la section du forage 157 à son entrée. Le forage 157 peut être cylindrique ou légèrement divergent en direction du flux.

- 38 -

REVENDEICATIONS

1. Procédé de refroidissement et de guidage d'une bande de coulée en mouvement circulaire dans un dispositif de coulée continue de plaques de métal, dans lequel on
- 5 amène du liquide de refroidissement sous pression sur le côté opposé à la zone de coulée de la bande de coulée par plusieurs ouvertures d'alimentation, et dans lequel on évacue ledit liquide sous pression réduite, caractérisé
- 10 par le fait que le liquide de refroidissement est introduit contre le verso de la bande de coulée à l'aide d'un grand nombre d'alvéoles individuels, séparés les uns des autres et dont les bords sont tournés du côté de la bande de coulée, de telle façon que ledit liquide de refroidissement remplisse complètement lesdits alvéoles et l'espace
- 15 situé entre eux et la bande de coulée, et qu'il s'échappe entre le bord de l'alvéole et la bande de coulée, après quoi ledit liquide de refroidissement est évacué sous basse pression, la section d'évacuation de chaque alvéole étant déterminée par la distance entre la bande de coulée
- 20 et le bord de l'alvéole, de telle façon qu'il se forme dans chaque alvéole une pression hydrostatique s'exerçant sur la bande de coulée, dont la grandeur dépend de ladite distance et qui, en collaboration avec la pression réduite régnant à l'extérieur des alvéoles, maintient automatique-
- 25 ment la bande de coulée en mouvement à une distance pratiquement constante du bord de chaque alvéole, ce qui a pour effet de garder la bande de coulée exempte de tout voilement et gauchissement dans la zone de coulée et de la guider en même temps hydrauliquement.
- 30 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le liquide de refroidissement est introduit dans les alvéoles avec la formation de turbulence dans lesdits alvéoles pour intensifier le refroidissement de la bande de coulée.



3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caracté-  
risé par le fait que sur une partie au moins de la surface  
de la bande de coulée en contact avec le matériau à couler  
on produit des vibrations mécaniques perpendiculaires au  
5 plan de la bande de coulée afin de réduire la transmission  
de chaleur du matériau à couler à ladite bande de coulée.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par  
le fait que les vibrations sont produites à une fréquence  
située 20 et 500  $\text{sec}^{-1}$ .

10 5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caracté-  
risé par le fait que les vibrations sont produites au moins  
par endroit, de préférence dans la partie de l'entrée de  
la zone de coulée, avec une amplitude située entre  $2 \cdot 10^{-5}$   
et  $2 \cdot 10^{-4}$  mètres.

15 6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, ca-  
ractérisé par le fait que les vibrations sont produites  
au moins par endroit avec une telle fréquence  $f$  et une tel-  
le amplitude  $h$  que le produit  $h \cdot f^2$  soit plus grand que  
0,5 mètres/ $\text{sec}^2$ .

20 7. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6, ca-  
ractérisé par le fait que les vibrations sont produites  
par des champs magnétiques s'exerçant sur la bande de  
coulée, la dite bande de coulée étant constituée d'un ma-  
tériau ferromagnétique.

25 8. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6, ca-  
ractérisé par le fait que les vibrations sont produites  
par une alimentation pulsée au moins par endroit du li-  
quide de refroidissement.

30 9. Procédé selon l'une des revendications 3 à 8, ca-  
ractérisé par le fait que les vibrations sont produites  
de telle façon qu'elles se meuvent en forme ondulatoire  
sur la surface de la bande de coulée.

35 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, ca-  
ractérisé par le fait que des champs magnétiques sont  
produits sur le verso de la bande de coulée, lesdits champs

- 40 -

magnétiques attirant la bande de coulée contre les bords des alvéoles.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé par le fait que les champs magnétiques sont produits par  
5 des électroaimants.

12. Dispositif de refroidissement et de guidage d'une bande de coulée en mouvement circulaire dans un dispositif de coulée continue de plaques de métal, avec une plaque de guidage disposée dans la zone de coulée derrière  
10 la bande de coulée, ladite plaque de guidage étant pourvue d'ouvertures d'alimentation connectées à une chambre de pression de liquide de refroidissement et d'ouvertures d'évacuation connectées à une chambre de dépression pour le liquide de refroidissement, caractérisé par le fait  
15 que la plaque de guidage (13) est subdivisée en un grand nombre de cellules de refroidissement individuelles sur le côté faisant face à la bande de coulée (20), chaque cellule de refroidissement présentant un alvéole (56) dont le bord est tourné du côté de la bande de coulée, et par le fait  
20 que dans chacun des alvéoles (56) au moins une ouverture d'alimentation (57) aboutisse, tandis que les ouvertures d'évacuation (58, 21) aboutissent sur la face avant de la plaque de guidage (13), en dehors des alvéoles (56), de telle façon que la section d'évacuation de chaque alvéole  
25 (56) est déterminée par la distance entre la bande de coulée (20) et le bord de l'alvéole, si bien que le liquide de refroidissement alimenté sous pression remplisse lesdits alvéoles (56) et produise une pression hydrostatique s'exerçant sur la bande de coulée (20), dont la grandeur  
30 est dépendante de ladite distance et qui, en collaboration avec la pression réduite régnant à l'extérieur des alvéoles (56), maintient la bande de coulée (20) à une distance pratiquement constante du bord de chaque alvéole.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé  
35 par le fait que la surface des cellules de refroidissement

- 41 -

présente une section d'au plus  $10 \text{ cm}^2$ , de préférence entre 1 et  $6 \text{ cm}^2$ .

14. Dispositif selon la revendication 12 ou 13, caractérisé par le fait que la profondeur des alvéoles (56)  
5 s'élève à quelques dixièmes de millimètres à plusieurs millimètres et que les bords des alvéoles présentent une largeur de moins de 0,5 mm.

15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé par le fait que les ouvertures d'alimentation (57) de chaque alvéole (56) sont connectées par un  
10 tube d'alimentation individuel (14) avec la chambre de pression (11).

16. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 15, avec une bande de coulée en matériau ferromagnétique,  
15 caractérisé par le fait qu'en face de la zone de coulée, à proximité de la bande de coulée (20), on a disposé des électroaimants (60", 160) alimentés en courant alternatif.

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé par le fait que les électroaimants (60", 160) sont dis-  
20 posés en rangées et que les rangées successives sont alimentées en courant déphasé, afin de produire dans la bande de coulée (20) un mouvement de vibrations avançant sous forme ondulatoire.

18. Dispositif selon la revendication 16 ou 17, caractérisé par le fait que la plaque de guidage (13") est  
25 formée d'une plaque de base (16) avec des éléments de cellule de refroidissement individuels (60") fixés sur la dite plaque de base et que les électroaimants sont formés d'au moins quelques éléments de cellule de refroidissement  
30 (60") qui portent des bobinages magnétiques (160).

19. Dispositif selon les revendications 12 à 15, caractérisé par le fait que dans au moins l'un des tubes d'alimentation du liquide de refroidissement on a placé une vanne vibrante (115, 117, 115', 117).

-42 -

20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé par le fait que la, respectivement les vannes (115, 116, 117) sont auto-vibrantes.

21. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé par le fait que la, respectivement les vannes (115', 117, 118) sont induites en vibration par des moyens électromagnétiques.

22. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 15, caractérisé par le fait que dans ou sur la plaque de guidage (13") des aimants (60", 160), de préférence des électroaimants, sont fixés pour attirer la bande de coulée (20) contre la plaque de guidage (13").

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé par le fait que la plaque de guidage (13") est formée d'une plaque de base (16) avec des éléments de cellule de refroidissement individuels (60") fixés sur ladite plaque de base et que les aimants sont formés d'au moins quelques éléments de cellule de refroidissement.

24. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 23, caractérisé par le fait que dans la connection d'au moins quelques ouvertures d'alimentation (57") avec la chambre de pression (11) on a placé un injecteur par tube (214, 260) pour le liquide de refroidissement, le côté aspiration dudit injecteur (260) étant connecté à l'ouverture d'évacuation (58), afin de ramener du liquide de refroidissement de cette ouverture d'évacuation dans l'ouverture d'alimentation (57").

25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé par le fait que la plaque de guidage (13") est formée d'une plaque de base (16) avec des éléments de cellule de refroidissement individuels (60") fixés sur ladite plaque de base, entre lesquels éléments existent des fentes (58) qui forment l'ouverture d'évacuation du liquide de refroidissement et qui sont connectées par des forages (21) dans la plaque de base (16) avec la chambre de dépression (15)

- 43 -

- et par le fait que les injecteurs (214, 260) incorporés dans les éléments de cellule de refroidissement (60<sup>m</sup>) présentent une buse (214) et, entre la bouche de la buse et la sortie de l'ouverture d'évacuation (57<sup>m</sup>), un forage
- 5 coaxial à ladite buse (157), l'entrée de ce forage coaxial étant connectée par des ouvertures (260) dans le pied de l'élément de cellule de refroidissement (60<sup>m</sup>) avec l'espace entre les éléments de cellule de refroidissement, afin que le liquide de refroidissement s'écoule
- 10 de cet espace dans l'élément de cellule de refroidissement et soit emmené par le jet de la buse et conduit au travers du forage (157) dans lequel s'opère une augmentation de pression dans le sens du flux par suite de transformation d'énergie cinétique en énergie de pression.
- 15 26. Dispositif selon la revendication 25, caractérisé par le fait que le forage (157) présente à sa sortie une section qui correspond à 1 à 3,5 % de la section d'une cellule de refroidissement, que la longueur du forage (157) s'élève à 5 à 10 fois son diamètre et que la section de
- 20 sortie de la buse (214) s'élève à 25 à 50 % de la section du forage (157) à son entrée.
27. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 26, caractérisé par le fait que les ouvertures d'évacuation (58) des cellules de refroidissement à la surface de la
- 25 plaque de guidage (13) sont formées de fentes, lesdites fentes étant connectées directement avec la chambre de dépression (15) par des forages (21) dans la plaque de guidage (13).
28. Dispositif selon l'une des revendications 12 à
- 30 27, caractérisé par le fait que la section des ouvertures d'alimentation (57) de chaque alvéole (56) s'élève à 0,5 à 3,5 % de la section de la cellule de refroidissement, la section dudit alvéole (56) s'élevant à plus de 50 %, de préférence à plus de 70 %, de la section totale de la
- 35 cellule de refroidissement, et que la section de l'ouver-

-4\*-

ture d'évacuation (58, respectivement 21) disponible pour chaque cellule de refroidissement corresponde à 2 à 10 fois la section de l'ouverture d'alimentation (57).

29. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 28, caractérisé par le fait que la chambre de dépression (15) est placée directement derrière la plaque de guidage (13).

30. Dispositif selon la revendication 29, caractérisé par le fait que la chambre de pression (11) est placée directement derrière la chambre de dépression (15) et que les ouvertures d'alimentation (57) des cellules de refroidissement sont connectées à la chambre de pression (11) par des tubes d'alimentation (14) qui traversent la chambre de dépression (15).

31. Dispositif selon la revendication 30, caractérisé par le fait que les tubes d'alimentation (14) voisins présentent des longueurs différentes pour éviter les vibrations de la bande de coulée (20).

32. Dispositif selon la revendication 30 ou 31, caractérisé par le fait que la distance libre entre la plaque de guidage (13) et la paroi opposée de la chambre de dépression (15) s'élève à 5 à 25 % de la valeur de la racine carrée de la surface de refroidissement de la plaque de guidage (13).

33. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 32, caractérisé par le fait que la plaque de guidage (13) est formée d'une plaque de base (16) et d'éléments de cellule de refroidissement individuels (60, 60') fixés sur ladite plaque de base.

34. Dispositif selon la revendication 33, caractérisé par le fait que les éléments de cellule de refroidissement (60) sont de forme polygonale et qu'ils présentent une grandeur telle qu'entre les éléments de cellule de refroidissement voisins (60) se forment des fentes (58) qui constituent l'ouverture d'évacuation du liquide de refroidissement.

-45-

dissement, lesdites ouvertures étant connectées avec la chambre de dépression (15) par des forages (21) dans la plaque de base (16), la largeur de la fente à la surface de la plaque de guidage (13) étant dimensionnée de telle façon que la projection de la section disponible pour chaque cellule de refroidissement s'élève à une valeur 2 à 10 fois plus grande que la section de l'ouverture d'alimentation (57) de la cellule de refroidissement.

35. Dispositif selon la revendication 33, caractérisé par le fait que les éléments de cellule de refroidissement (60') sont ronds mais disposés en cellules de refroidissement de forme polygonale, que le diamètre de l'élément de cellule de refroidissement (60') s'élève à au plus 98 % de la distance entre les centres de deux cellules de refroidissement voisines, mais que ledit diamètre est pourtant assez grand pour que la section correspondante du cercle s'élève à plus de 50 % de la section d'une cellule de refroidissement, que d'autre part des affluents (61) sont disposés dans les angles des cellules de refroidissement pour l'alimentation en liquide de refroidissement provenant de la chambre de pression (11) vers la bande de coulée (20), afin de refroidir cette bande de coulée à l'extérieur des éléments ronds (60') et que l'espace entre les éléments (60') est connecté à la chambre de dépression (15) par des forages d'évacuation (21) dont la section totale s'élève au double au décuple de la section des ouvertures d'alimentation (57).

36. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 35, caractérisé par le fait que la bande de coulée (20) présente une épaisseur de 0,1 à 0,4 mm.

37. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 36, caractérisé par le fait que pour éviter la formation d'un interstice de retrait entre le matériau coulé et la bande de coulée (20) les ouvertures d'évacuation (58, 21) pour le liquide de refroidissement dans la plaque de gui-

- 46 -

dage (13) deviennent successivement plus petites en direction de la sortie de la zone de coulée (26), de façon à ce que la pression statique dans les cellules de refroidissement et de ce fait aussi la distance entre la plaque de guidage (13) et la bande de coulée (20) s'élèvent progressivement en direction de la sortie de la zone de coulée (26).

38. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 37, caractérisé par le fait que pour éviter la formation d'un interstice de retrait entre le matériau coulé et la bande de coulée (20) la chambre de dépression (15) est subdivisée en plusieurs compartiments, chaque compartiment présentant son propre conduit d'évacuation, et que la pression de chaque compartiment est réglable à l'aide d'organes de régulation correspondants de telle façon que la pression statique moyenne dans les éléments de cellule de refroidissement et donc aussi la distance entre la plaque de guidage (13) et la bande de coulée (20) s'élèvent progressivement en direction de la sortie de la zone de coulée (26).

39. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 38, avec deux bandes de coulée l'une en face de l'autre, caractérisé par le fait que les plaques de guidage (13) sont convergentes en direction de la coulée.

40. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 39, avec deux bandes de coulée l'une en face de l'autre, caractérisé par le fait que les plaques de guidage (13) sont cintrées derrière les bandes de coulée (20) afin d'adapter l'allure de la section de la zone de coulée (26) aux variations d'épaisseur de la plaque en train de se solidifier et de se refroidir.

41. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 40, caractérisé par le fait que la bande de coulée (20) passe, immédiatement avant son entrée dans la zone de coulée (26), par-dessus plusieurs rouleaux (25) supportant la



- 47 -

bande de coulée sur toute sa largeur et formant l'angle de renvoi nécessaire, lesdits rouleaux se succédant et formant une courbe appropriée.

42. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 5 41, caractérisé par le fait que la bande de coulée (20) passe, immédiatement après sa sortie de la zone de coulée (26), par-dessus plusieurs rouleaux (28) supportant la bande de coulée sur toute sa largeur et formant l'angle de renvoi nécessaire, lesdits rouleaux se succédant et formant 10 une courbe appropriée.

43. Dispositif selon la revendication 41 ou 42, caractérisé par le fait que le diamètre des rouleaux (25, 28) s'élève à 20 à 50 mm.

---

Fig. 1

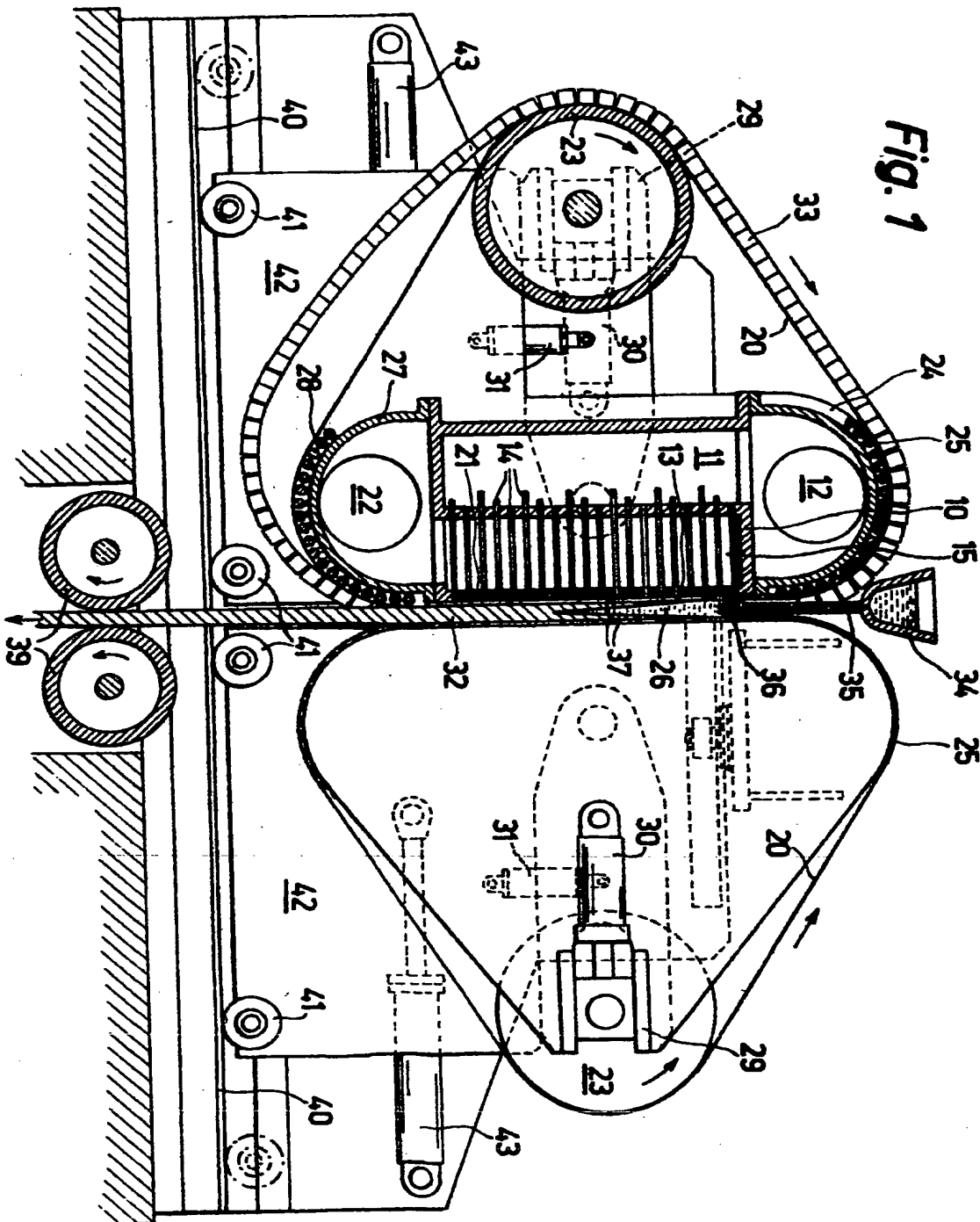
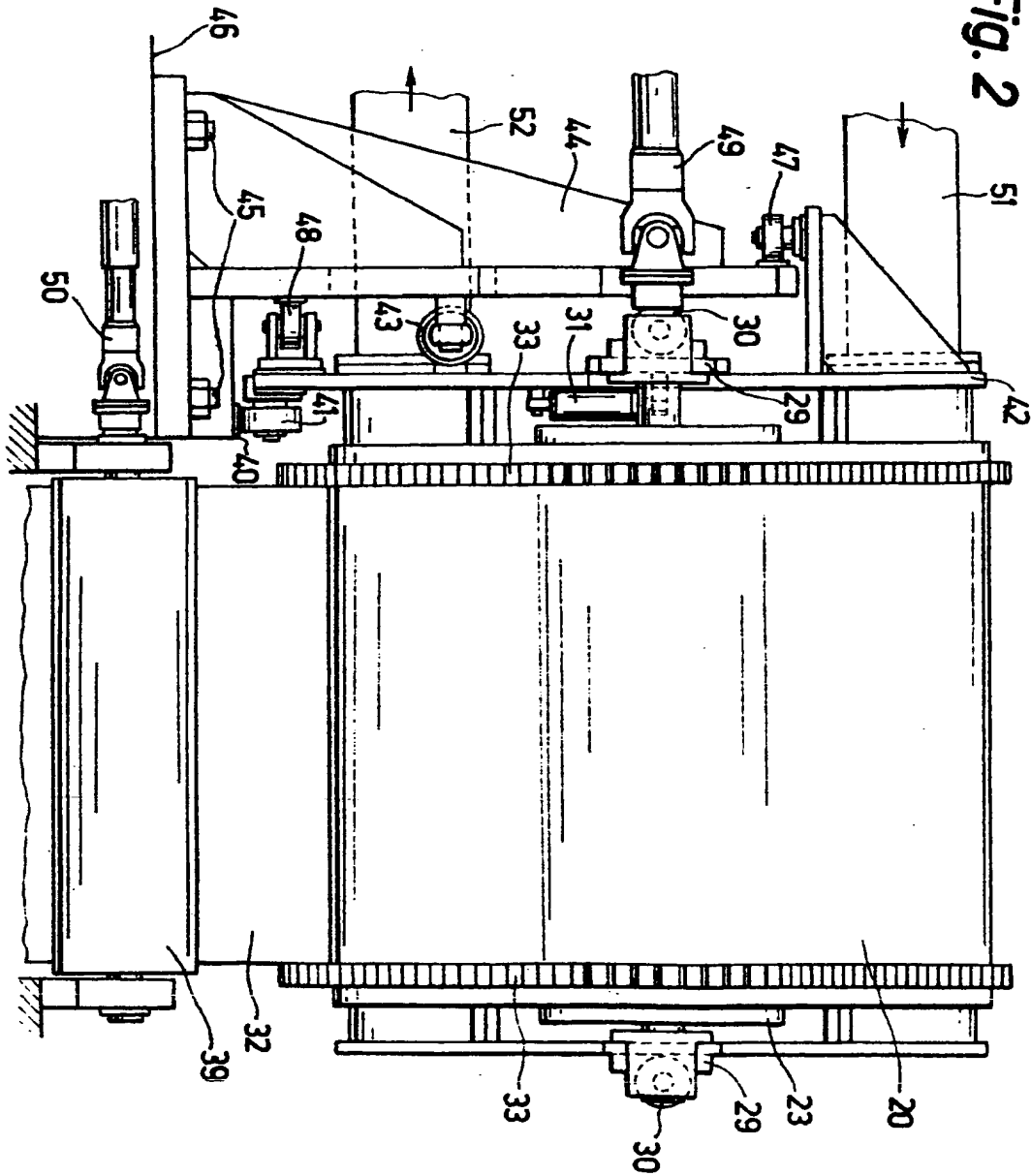
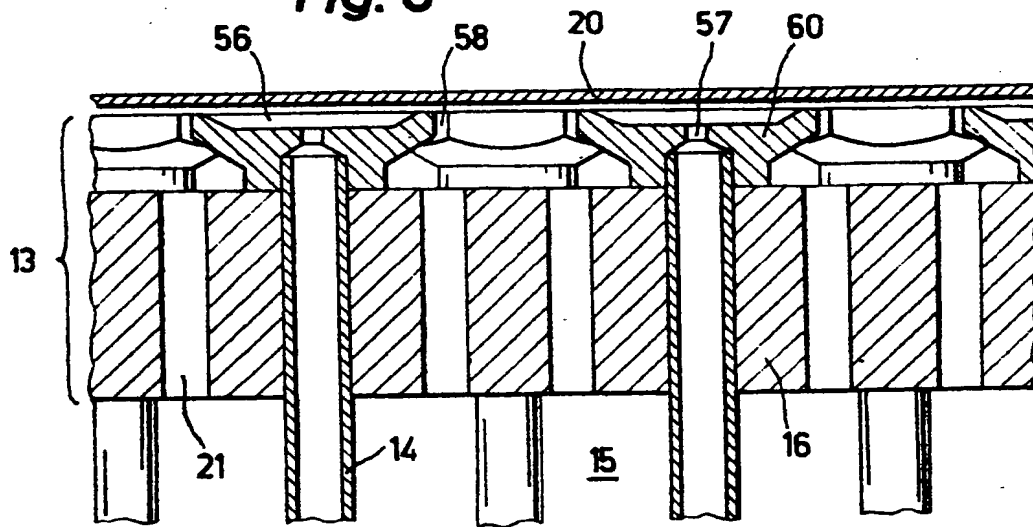
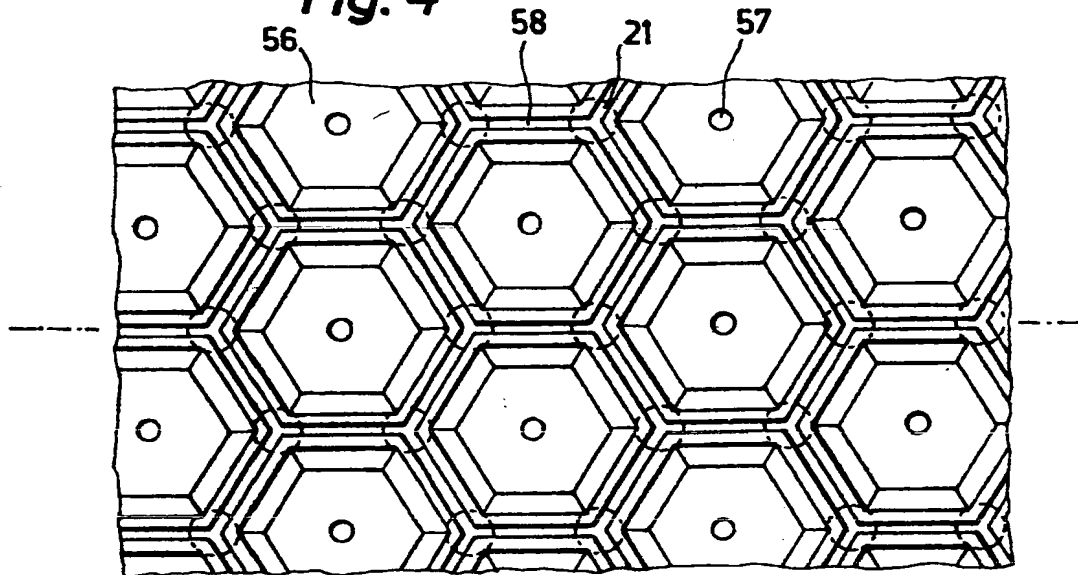
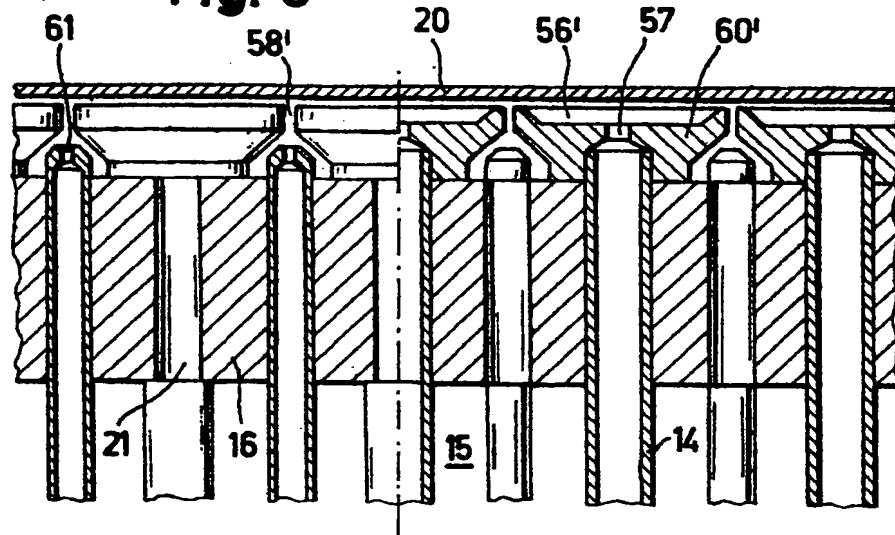
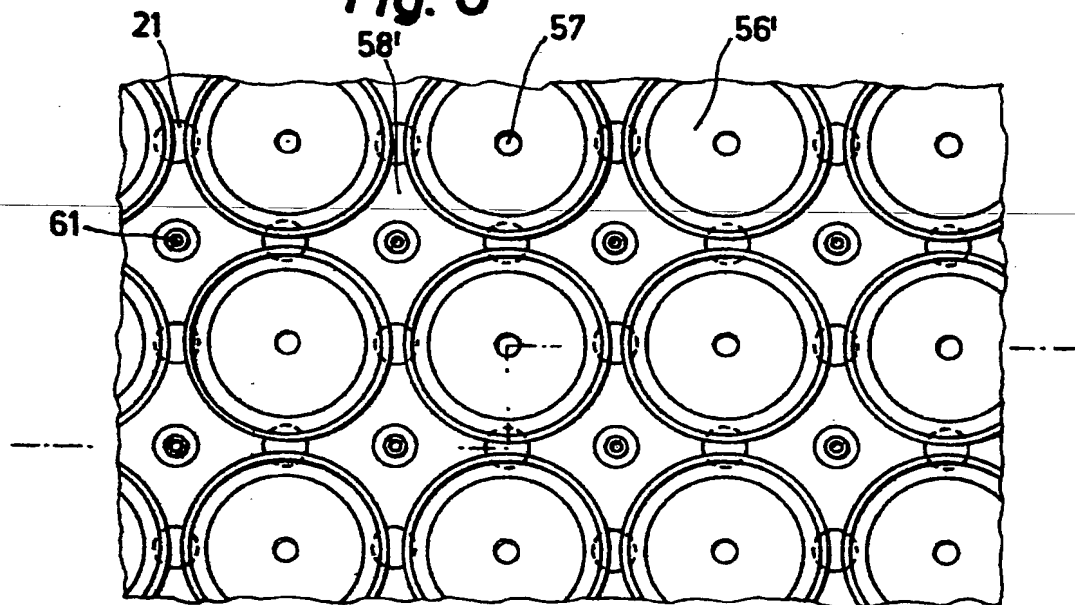
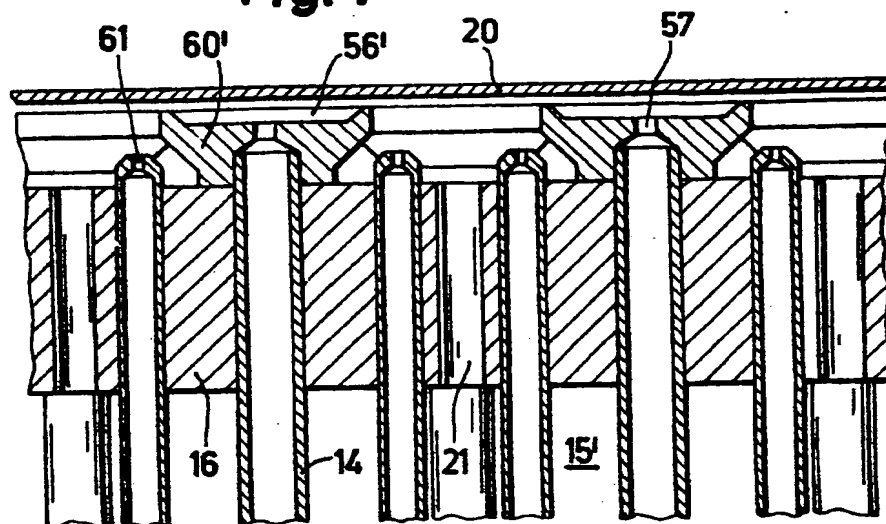
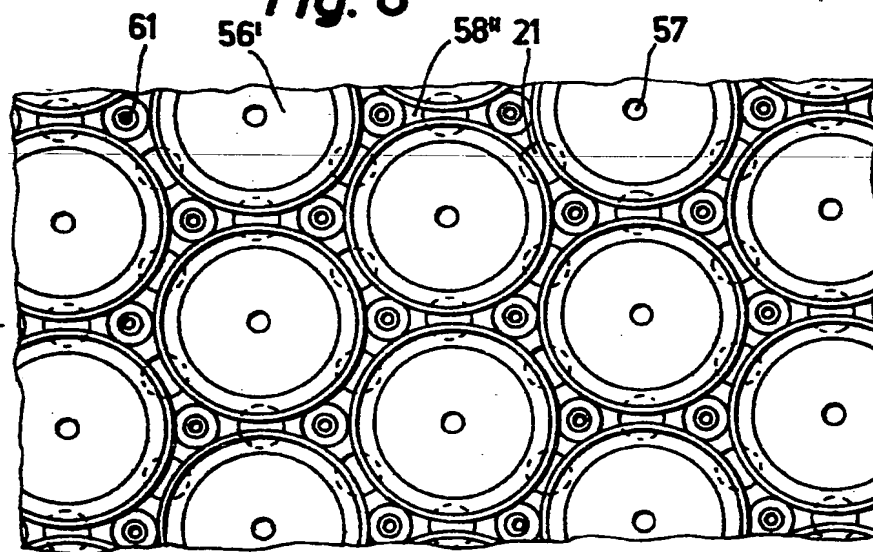


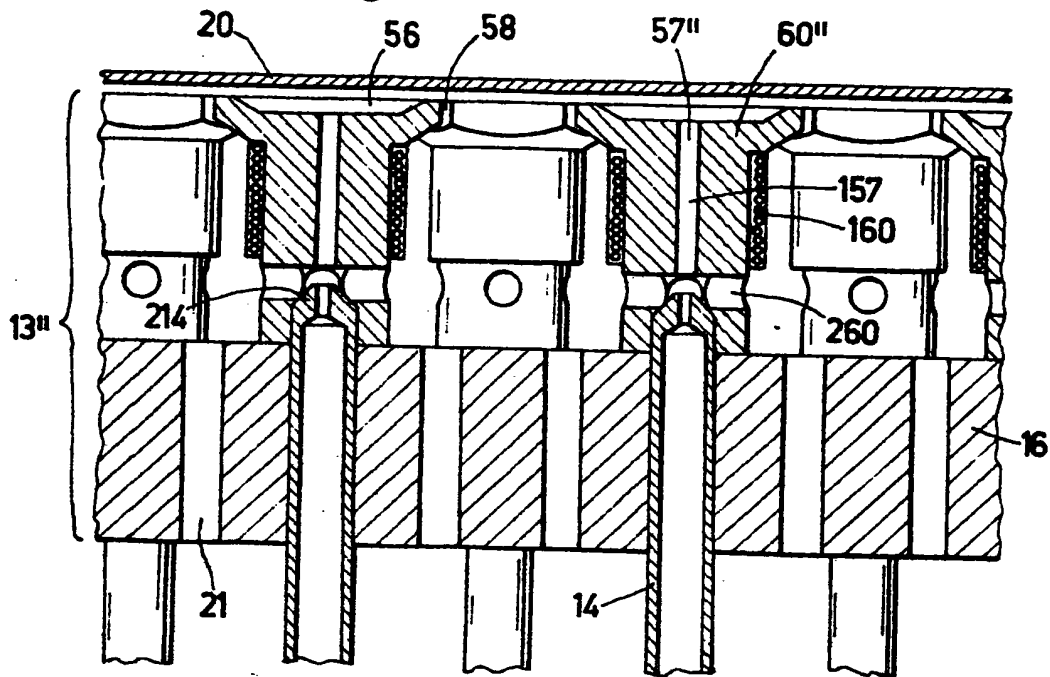
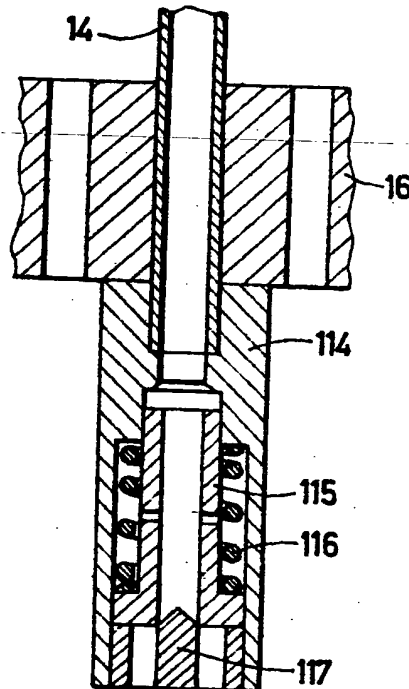
Fig. 2



**Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8**

**Fig. 9****Fig. 10****Fig. 11**